



Universidad de Valladolid

**Facultad de Ciencias Económicas y
Empresariales**

Trabajo de Fin de Grado

Grado en FINANZAS, BANCA Y SEGUROS.

**Análisis y Establecimiento de
Líneas de Acción de Calidad
-Pintura Serie- y Gestión
Renault Palencia.**

Presentado por:

CRISTIAN HERREZUELO MIGUEL

Tutelado por:

PILAR ZARZOSA ESPINA

Valladolid, junio de 2018



Agradecimientos

A mis padres y a mi hermana por su apoyo incondicional.

A todo el Departamento de Pintura y de Comunicación de la factoría de Carrocería-Montaje de Renault en Palencia por su colaboración y la oportunidad que me brindaron.

A mi tutora Pilar Zarzosa Espina por su disposición y constantes consejos a lo largo de la elaboración del Trabajo.



Resumen

Las empresas automovilísticas atienden un mercado con una demanda muy inestable; si esta aumenta, habitualmente responden dedicando más recursos y tiempo. Sin embargo, se puede lograr un aumento de la productividad que no implique mayor utilización de recursos. En el presente Trabajo se desarrolla un estudio sobre el Taller de Pintura de la factoría de Carrocería-Montaje de Renault España en Palencia basado en la estimación y predicción mediante el software *Eviews*. El objetivo es mejorar la eficiencia y conocer si la instalación puede hacer frente a la mejora de la calidad. En el proyecto se ha construido un modelo, a partir de la información suministrada por la empresa, y se ha validado, a fin de asegurar que dicho modelo se comporta como el sistema objeto de estudio.

Abstract

Car companies serve a market with a very unstable demand; If it increases, the companies usually respond to devote more resources and time. However, an increase in productivity that doesn't involve greater use of resources can be achieved. This work develops a study about the painting workshop in the factory of Renault Spain in Palencia based on the estimation and forecasting with Eviews software. The object is to improve efficiency and whether the facility can cope with the improvement of the quality. The project has been built a model, based on the information supplied by the company, and it has been validated, in order to ensure that this model appears to be the object of study system.

Clasificación JEL: C1, D2, y R3.



ÍNDICE

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN	6
1.1 Antecedentes	6
1.2 Motivación	7
1.3 Objetivo	7
1.4 Estructura	8
Capítulo 2. ENTORNO INDUSTRIAL	9
2.1 Renault: Dimensión Global	9
2.2 Renault España	11
2.3 Factoría de Palencia	13
2.4 Proceso Productivo	15
2.5 Departamento de Pintura Renault Palencia	17
Capítulo 3. DEFECTOS, MEDIOS DE MEDIDA Y ELEMENTOS	22
3.1 Defectos y retoques	22
3.2 Medios de medida y PPVV	24
3.3 Elementos	25
Capítulo 4. SELECCIÓN DEL MODELO	27
4.1 Elección y preparación de los datos	27
4.2 Variables de los modelos	28
Capítulo 5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS	32
5.1 Especificación y estimación del modelo temporal	32
5.2 Especificación y estimación del modelo de corte transversal	45
Capítulo 6. ESTABLECIMIENTO DE LÍNEAS DE ACCIÓN	49
Capítulo 7. CONCLUSIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	55
ANEXOS	57



ÍNDICE DE TABLAS, IMÁGENES, FIGURAS Y GRÁFICOS.

Tabla 2.2.1.: Total ventas del Grupo VP+VU por región.

Imagen 2.2.1.: Presencia Global del Grupo Renault.

Imagen 2.3.1.: Renault 4CV.

Imagen 2.4.1.: Factoría Renault Palencia.

Imagen 2.4.2.: Renault *Mégane RS* y Renault *Kadjar*.

Imagen 2.5.2.1.: Aplicación manual de mástico.

Imagen 2.5.4.1.: Cabina de bases al agua.

Imagen 2.5.4.2.: Estufa de secado del barniz.

Imagen 2.5.4.3.: Línea de retoque y terminación del proceso de Pintura.

Imagen 3.3.1.: Cartografía BFB (*Mégane*).

Figura 4.2.1.: Política de Calidad.

Figura 4.2.2.1.: Línea de imputación de defectos DPU.

Figura 5.1.1.: Representación y estadísticos de las variables.

Figura 5.1.2.: Regresión por MCO de DRG_S frente a AVES, DPU_OFF y DPU_IN.

Figura 5.1.3.: Valores reales y ajustados de la variable DRG_S y residuos de la regresión.

Figura 5.1.4.: Correlación de las variables explicativas.

Figura 5.1.5.: *Test de Chow* sobre el cambio estructural para la semana 18.

Figura 5.1.6.: Representación de los coeficientes recursivos.

Figura 5.1.7.: Representación de los residuos recursivos.

Figura 5.1.8.: Test CUSUM de estabilidad estructural.

Figura 5.1.9.: Regresión por MCO que incluye la variable ficticia S18 de manera aditiva.



Figura 5.1.10.: Regresión por MCO que incluye la variable ficticia S18 de manera multiplicativa.

Figura 5.1.11.: Regresión por MCO que incluye la variable ficticia S18 de manera aditiva y multiplicativa.

Tabla 5.1.1.: Valores estimados de los coeficientes.

Figura 5.1.12.: Regresiones por MCO en el proceso de selección del modelo que incluyen las variables ficticias de manera aditiva, multiplicativa o ambas.

Figura 5.1.13.: Regresión por MCO del modelo incluyendo las variables ficticias prolongaciones e incorporaciones.

Tabla 5.1.2.: Valores estimados de los coeficientes.

Figura 5.1.14.: Representación y estadísticos del *Test de Normalidad de Jarque-Bera*.

Figura 5.1.15.: *Test Reset de Ramsey* sobre la forma funcional.

Figura 5.2.1.: Regresión por MCO de AVES frente a DPU_OFF, DPU_IN y NO_PAD.

Figura 5.2.2.: Correlación de las variables explicativas.

Figura 5.2.3.: Representación y estadísticos del *Test de Normalidad de Jarque-Bera*.

Figura 5.2.4.: *Test Reset de Ramsey* sobre la forma funcional.

Gráfico 6.1.: TOP 6 Incidente.

Gráfico 6.2.: TOP 6 Elemento.

Gráfico 6.3.: Tasa media de variación del coste por defecto del Departamento de Pintura.



Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

El Trabajo de Fin de Grado comienza con un análisis de la situación actual, observando el contexto en el que se va a trabajar y explicando las causas que han llevado a su planteamiento.

Para finalizar el capítulo, se expondrán brevemente los objetos que se persiguen y la estructura que va a seguir el Trabajo para proporcionar una visión global.

1.1 Antecedentes

La evolución de la demanda de vehículos basada en el “*Just In Time*” ha provocado un aumento de la cadencia de vehículos a fábrica en menos tiempo, dentro del plazo establecido y optimizando recursos, lo cual depende, directamente, de la productividad y eficiencia, asegurando calidad, plazos y costes.

Todo ello está ligado a mantener la competitividad de la empresa frente a otras marcas. Podemos definir la competitividad empresarial como un concepto relativo, que muestra la posición y rendimiento de los sistemas utilizando la misma medida de referencia. La competitividad generalmente se fundamenta en una ventaja, esto es, una habilidad, recursos, tecnología o atributos que hacen superior al que la posee. El mantenimiento de la competitividad es crítico para la supervivencia de la empresa y su proyección de futuro.

La realización de este Trabajo surge con el fin de responder a dicha necesidad, dentro de la empresa Renault España S.A., con el estudio, estimación y contrastación para el establecimiento de líneas de acción con la finalidad de aumentar la eficiencia y mejorar la optimización de los recursos del Departamento de Pintura.

Estimar que va a ocurrir respecto a algo (o qué está ocurriendo, o qué ocurrió), a pesar de ser un elemento claramente estadístico, está muy enraizado en nuestra cotidianidad.

Una estimación estadística es un proceso mediante el que establecemos qué valor debe tener un parámetro según deducciones que realizamos a partir de estadísticos; en otras palabras, estimar es establecer conclusiones sobre



características poblacionales a partir de resultados muestrales. El control de defectos proporciona una visión estratégica a largo plazo que permite a la empresa responder a las derivas que experimenta la producción para mantener la competitividad con respecto al sector.

1.2 Motivación

El estudio de los defectos de pintura del vehículo es una tarea compleja, sobre todo si hablamos de la cantidad de puntos de imputación de las instalaciones de Renault España S.A., en Palencia.

Realizar la estimación y contrastación en el Departamento de Pintura, encargado del pintado de los modelos *Mégane* y *Kadjar*, ha supuesto un gran reto, que ha permitido adquirir conocimientos y competencias en la formación profesional.

Para ser competitiva y generar valor, una empresa debe seguir una estrategia bien definida que le permita reducir costes y maximizar la eficiencia y capacidad, mejorar los procesos, innovar, desarrollar nuevos productos, expandirse a nuevos mercados e incrementar la satisfacción de los clientes. Este Trabajo se centrará en la definición de líneas de acción para aumentar al máximo las capacidades y mejorar los procesos.

1.3 Objetivo del Trabajo

Lo que se persigue con la realización de este Trabajo es la construcción de un modelo econométrico que se ajuste de la forma más realista posible a la línea de imputación de defectos, para observar el comportamiento de los elementos y valorar la posibilidad de mejora a través de la variación de los diferentes recursos y parámetros productivos.

El Trabajo permite anticipar los problemas que surjan en el sistema real. Una vez localizados dichos problemas, se realizarán cambios o modificaciones en el sistema modelado con el objetivo de resolverlos, obteniendo resultados que optimicen la gestión de defectos.

Cuando se introducen modificaciones en un sistema de producción se obtienen una serie de alternativas que suponen una inversión para la empresa. El objetivo, por tanto, es conseguir que el Departamento imite el comportamiento

real para poder anticiparse a posibles defectos, como pueden ser granos, gotas, aureolas o retoques aparentes, y desarrollar una modificación de la zona objeto del estudio que sea capaz de mejorar la situación actual, dando además una estimación económica del trabajo realizado.

Para la realización del modelo hay que comprender perfectamente el proceso de producción y conocer dónde, por quién y cómo se realiza la imputación de los defectos. Gracias a los datos aportados por Renault S.A., y a la estimación del modelo, se aspira a obtener líneas de acción óptimas y realizables para la factoría, con el objeto de ser implantadas a corto plazo.

1.4 Estructura

En el segundo capítulo se describe el entorno industrial, donde, durante los seis meses de prácticas, se ha realizado el estudio y llevado a cabo este trabajo. Además, se puede encontrar también un breve resumen de la historia de Renault, desde su creación en 1898 hasta la actualidad, del complejo proceso productivo de la factoría, y la función que desempeña el Departamento para el que se ha desarrollado el estudio.

El tercer capítulo tratará sobre el Departamento de Pintura, donde se detallan los diferentes procesos y puntos de imputación además de las operaciones necesarias para que la producción sea continua. También se contemplan las acciones para que una imputación sea validada y la norma por la que se gestiona la calidad de pintura.

Una vez definido el proceso de pintura, los puntos de imputación dentro del Departamento y el resto de zonas, se procede en el cuarto capítulo a la selección de los modelos. Contiene una pequeña introducción donde se definen las hipótesis clásicas de un modelo econométrico, la extracción y preparación de los datos, y la definición y análisis de las variables.

En el quinto capítulo se procede a la estimación, contrastación y evaluación del modelo, es decir, si este es adecuado para asegurar que su comportamiento se asemeja al funcionamiento real, mediante el programa *Eviews*.

Por último, en los capítulos sexto y séptimo se definen las líneas de acción y las conclusiones extraídas del Trabajo.



Capítulo 2. ENTORNO INDUSTRIAL

El presente capítulo presenta el contexto y describe la evolución de Renault desde la implantación de la primera fábrica de vehículos en España, así como el impacto de su actividad en el desarrollo económico de la provincia.

A continuación, se presentan las funciones y estructura de la factoría de Renault en Palencia y del Departamento de Pintura, fundamento del desarrollo del Trabajo.

2.1 Renault: Dimensión global

Renault, fabricante francés de automóviles, vehículos comerciales y automóviles de carreras desde 1898 ha adquirido una dimensión global gracias a su Alianza con Nissan en 1999, a la compra del constructor rumano Dacia, del coreano Samsung Motors, a su cooperación con el constructor de automóviles ruso Avtovaz y al acuerdo de cooperación estratégica ampliada con Daimler AG. El lanzamiento de Logan se sitúa en el núcleo de la estrategia de conquista de los mercados emergentes.

Respaldado por el dinamismo de su plan «*Drive the Future*», el Grupo Renault registra un crecimiento de las ventas por quinto año consecutivo y se convierte, con 3.761.634 vehículos matriculados en 2017, en la primera marca francesa automovilística en el mundo.

Las matriculaciones de turismos y vehículos comerciales del Grupo Renault (incluido Lada) a nivel mundial han registrado una subida del 8,5% en un mercado que progresa un 2,3%. La cuota de mercado del Grupo asciende hasta un 4,0%, ganando 0,2 puntos respecto a 2016.

En el segmento de los vehículos comerciales, el Grupo ha logrado un nivel récord de ventas con 462.859 matriculaciones, un crecimiento del 4,1% con respecto a 2016 (Ver Anexo: Tabla 2.2.1.).

La marca Renault registra, por sí sola, un crecimiento del 3,7%. La cuota de mercado se eleva hasta el 8,2%. Renault se beneficia de la renovación completa de la familia *Mégane*, que se realizó en 2016, así como del lanzamiento del nuevo *Koleos* en junio de 2017. *Clio 4* consigue ser el segundo



vehículo más vendido en Europa y *Captur* es el primer “crossover” de su categoría.

“Nuestros volúmenes y cuotas de mercado continúan aumentando en todas las regiones. Nuestra estrategia de renovación de la gama y de expansión geográfica sigue dando sus frutos. En 2018 continuaremos el crecimiento y la internacionalización de nuestras ventas” ha declarado Thierry Koskas, miembro del Comité Ejecutivo y director comercial del Grupo Renault, en el Comunicado de Prensa del Grupo emitido el 15 de enero de 2018.

“Fuera de Europa, el volumen y la cuota de mercado siguen creciendo en todas las regiones; Renault mantiene su liderazgo en el segmento de los vehículos eléctricos en Europa con una cuota de mercado del 23,8%. Las matriculaciones del Grupo aumentan un 11,6% en un mercado que progresa un 3,3%. El volumen fuera de Europa representa ahora un 49,2% del total de las ventas” [renault.es].

En particular, el Grupo registra un crecimiento de las ventas del 13,6% en la región Eurasia y del 17,0% en la región Asia-Pacífico.

Renault apunta a un crecimiento en 2018 impulsado por el desarrollo de sus actividades a escala internacional y por su gama renovada.

Según el Comunicado de Prensa emitido el 15 de enero de 2018 por el Grupo el mercado mundial debería experimentar un crecimiento del 2,5% con respecto a 2017.

A nivel internacional, se espera que el crecimiento de Brasil y China sea del 5%, el de la India el 6% y Rusia cerca del 10%.

En este contexto, se espera que el Grupo se beneficie en 2018 de su gama renovada en todas las regiones y que sus ventas sigan creciendo impulsadas por las ventas internacionales.

Con 38 centros de producción (Ver Anexo: Imagen 2.2.1.) y 7 centros logísticos en los que trabajan más de 65.000 colaboradores implicados en mejorar cada día la rentabilidad que esperan los accionistas y la calidad que demandan los



clientes, el Grupo vendió 3,76 millones de vehículos en 2017 en 134 países. La calidad en la fabricación y de servicio en las factorías es otra de las máximas de la marca, que destaca en el sector por fabricar vehículos que respetan el medio ambiente.

«Drive the Future». “Este nuevo plan dará rienda suelta a nuestro potencial completo para innovar y crecer en una industria que cambia rápidamente” ha declarado Carlos Ghosn, Presidente y Director Ejecutivo del Grupo Renault, en el Comunicado de Prensa emitido el 6 de octubre de 2017. “Renault es ahora una compañía saludable, rentable y global que mira con confianza hacia adelante. El plan trata de brindar un crecimiento fuerte y sostenible que se beneficie de las inversiones en regiones y productos clave, aprovechando los recursos y tecnologías de la Alianza y aumentando la competitividad en costes”.

2.2 Renault España

Louis Renault, apasionado de la innovación tecnológica y la industrialización, comienza la aventura en 1898. En 1905, con un primer pedido de 250 taxis, las fábricas Renault adoptaron la producción en serie. En 1913 comienza una nueva etapa; para aumentar la productividad y garantizar la diversificación de la producción, L. Renault introduce el taylorismo en sus fábricas [Espinel, 2018].

La empresa, llamada a revolucionar económicamente Valladolid y Castilla y León, fue fundada en 1951, en la ciudad del Pisuerga, sorteando la competencia de SEAT y las trabas que imponía el Instituto Nacional de Industria (INI). Comenzó en una nave de donde salió el primer vehículo, el Renault 4CV. En 1953 tuvo una producción de 10 vehículos al día. Salieron de aquella fábrica 26.000 unidades. El compromiso de poner en funcionamiento coches utilitarios en 1953 generó cierta desconfianza en la sociedad.



Imagen 2.3.1.: Renault 4CV

Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

La designación de Valladolid como polo de desarrollo industrial, en 1964, potenció todavía más el papel de FASA. De su mano, Valladolid se convirtió en la capital industrial de Castilla y León en los años sesenta. Ser trabajador en FASA era, además, un privilegio en la época. La empresa, que entra ya a formar parte de la transnacional francesa y desde 1964 ya es FASA-Renault, se convirtió en la principal empleadora de mano de obra en la región. Además, la factoría lanza el R5, todo un icono en su historia y en la sociedad española.

En los años setenta FASA-Renault experimenta un gran avance. En 1972 se crea la factoría de Motores, al año siguiente se inaugura Montaje 2 y en 1978 se pone en marcha Montaje 3 en Villamuriel de Cerrato (Palencia). Las unidades de Carrocería y Montaje en Valladolid se fusionaron en 1995. El Grupo adquirió Industrias Subsidiarias de Aviación ISA, fabricantes desde 1958 de las cajas de velocidades de Renault, dando origen en 1966 a la actual Factoría de Sevilla. Durante estos años, y por el conocido “*Decreto Ford*”, el constructor americano implanta en Valencia su primera fábrica en España, abriéndose así las puertas del mercado a la competencia.

En la década de los ochenta Renault emprende una política drástica de reducción de costes. La empresa vuelve a centrar su actividad y dedica todo su esfuerzo en la renovación. En 1987, los beneficios vuelven a Renault que le permiten iniciar la revolución de la “calidad total” y tener en cuenta la ecología a la hora de concebir sus vehículos. Tanto la reconversión industrial como la apertura a la competencia internacional tras el ingreso en la Unión Europea en 1986, influyeron en los procesos que sufrieron una gran transformación tecnológica en todas las factorías, e hicieron que las exportaciones de

vehículos fabricados por Renault en España superaran por primera vez las ventas del mercado interior.

Dentro de la transformación tecnológica, la factoría de Motores exporta en torno al 80% de su producción. La filosofía del Motor E, que buscaba reducir el consumo y adelantarse a las nuevas normas antipolución manteniendo las prestaciones, hoy sigue revolucionando el mercado.

El desarrollo y la innovación son dos cualidades implícitas en la identidad de la marca, por ello se ha convertido en líder mundial de la tecnología eléctrica.

Actualmente Renault cuenta con factorías en las ciudades de Palencia, Valladolid y Sevilla. En Madrid se localiza el centro corporativo.

2.3 Factoría de Palencia

La Factoría de Carrocería-Montaje de Palencia (Ver Anexo: Imagen 2.4.1.), inaugurada en 1978, cuenta con una superficie total construida de 323.081 m², situada en el terreno conocido como “Pago Punta Espada”, un lugar excepcional en el término municipal de Villamuriel de Cerrato, en la zona noroeste del Valle del Cerrato.

Se elige esta ubicación por la *Régie* por varios motivos:

- La proximidad con la factoría de Valladolid;
- La distancia a las capitales de Valladolid y Palencia, 45 y 8 km, respectivamente;
- La mayor proximidad con la frontera francesa y con la ruta internacional Paris-Lisboa;
- El mayor servicio ferroviario (cercanía con Venta de Baños “El Puerto Seco”);
- Y, por último, la posibilidad de alimentación de agua potable desde la red de la capital palentina y de agua industrial, desde el Canal de Castilla que bordea los terrenos, así como desde el río Carrión.

La puesta en marcha de la factoría se lleva a cabo de manera progresiva, aprovechando la cercanía y experiencia de la factoría vallisoletana. Por un lado, el personal proviene básicamente de esa factoría, es decir, se trata de

personas con alta experiencia en la fabricación de vehículos automóviles y una gran motivación por el reto que representa la puesta en marcha de unas nuevas instalaciones.

Por otro lado, en cuanto al producto, se hace de manera progresiva: primero arranca el Taller de Montaje, en enero de 1978 con carrocerías de R12 pintadas en Valladolid; después se pone en marcha el Taller de Pintura, en abril del mismo año, con carrocerías ensambladas en Valladolid; y finalmente se ponen en marcha los Talleres de Embutición y Soldadura, en julio y diciembre, respectivamente.

Entre el 2 de enero de 1978 y el 13 de mayo de 1979 se trabaja a un solo turno. El 15 de mayo de 1979 se amplía a dos turnos, y el 6 de octubre de 1997 a tres turnos, siendo la primera fábrica del Grupo Renault en trabajar a ese ritmo en todos los talleres [Espinel, 2018; renault.es].

En la actualidad produce la gama *Mégane* (familia XFB) y *Kadjar* (familia XFE) y exporta el 85% de su producción. En el año 2017 lanza el nuevo *Mégane RS*.



*Imagen 2.4.2.: Renault Mégane RS y Renault Kadjar.
Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.*

La factoría cuenta con numerosas innovaciones en todas sus áreas para asegurar la calidad del producto y su competitividad (soldadura láser, isla automatizada de lunas, etc.).

En el marco de sus políticas de gestión, cuenta con las Certificaciones/Auditorías: ISO 9001 desde 1994, de Calidad; ISO 14001 desde 1999, de Medio Ambiente; *Crossber Audit* en Seguridad y Prevención de Riesgos Laborales; *Label SMR* en Salud, Seguridad y Condiciones de Trabajo; RHP



Riesgo Altamente Protegido; y Riesgos Industriales, desde 1996 [group.renault.es].

2.4 Proceso Productivo

El proceso de fabricación comienza en las zonas de embutición donde se cortan las placas de chapa que llegan enrolladas en forma de bobinas. En la embutición, como en todo proceso productivo, los parámetros de fabricación y del diseño del producto son claves. La conformabilidad característica del elemento, el tipo de prensa, moldes, tecnología o la propia variación de la temperatura durante el proceso, hacen que el elemento final sea lo más cercano posible a las expectativas del diseño. En la actualidad, los procesos son muy sofisticados consiguiendo mantener una producción eficiente, evitando todo tiempo de inactividad y riesgos en los operarios y el proceso. Por ello, el estudio de las materias primas a conformar es necesario para mantener una calidad óptima a cada una de las piezas embutidas a un precio reducido.

Tras las líneas de corte se encuentran las líneas de embutición, las cuales dan la forma definitiva a las distintas piezas o referencias mediante prensas.

De dichas piezas, las grandes se envían a Chapa II y las pequeñas a la zona de soldadura en Carrocerías para el montaje de pequeños conjuntos, como cunas, escapes, etc. Las áreas de soldadura están dotadas de medios automáticos de fijación y sistemas robotizados de soldadura que dan forma a la carrocería, completando así la estructura del vehículo.

El Taller de Chapa II consta de dos líneas principales abastecidas por siete líneas. En la línea principal se ensambla la estructura de la base rodante, y es abastecida por cinco líneas que incorporan los conjuntos soldados de la carrocería inferior del vehículo. En la segunda línea se conforma la estructura de la caja, abastecida por dos líneas que suministran principalmente los lados de caja, el techo y las traviesas superiores.

Nuevas tecnologías se están empezando a aplicar para los nuevos materiales siendo la más extendida la soldadura por láser. Esta tecnología permite conseguir altas calidades mediante cordones muy finos. Muchos tipos de



soldadura en laser no necesitan aporte de material, es el propio material el que se funde y da la posibilidad de soldar materiales diferentes.

Una vez terminada la estructura de la carrocería, se hace pasar la línea de producción a través de un puente totalmente cubierto hacia Chapa I, donde, se ensamblarán a la carrocería las puertas, el capot, el portón trasero en la familia XFE (modelo *Kadjar*) y las aletas. El portón trasero de la familia XFB (modelos *Mégane berlina* y *Grand tour*) se incorpora en montaje.

En el Taller de Pintura, todas las aplicaciones de pintura y mástico se realizan mediante robots y máquinas de pintado automático, excepto en zonas en las que es necesaria la intervención manual.

Hay dos líneas que proporcionan a la carrocería una inmejorable protección contra la corrosión y preparan la superficie para la posterior aplicación del color correspondiente; donde se elimina polvo, grasa y suciedad de todos los procesos anteriores. Tras este primer paso de limpieza previa se procede al pre-tratamiento o fosfatado y de forma seguida la cataforesis por electrodeposición, asegurando de esta manera una aplicación uniforme. Siguiendo el proceso la carrocería transcurre por la línea de másticos de estanqueidad y antigraillonado. A continuación, se aplica una pintura selladora o apresto para facilitar el agarre entre la cataforesis y las pinturas de acabado, suavizando la superficie para más tarde aplicar el color. El vehículo, cada vez que sale de cada una de estas zonas, de la misma forma que al salir del pintado y barnizado, pasa por estufas con condiciones de temperatura, humedad y duración predeterminadas para su curado. Finalmente, el vehículo recibe una protección definitiva y final, que consiste en la base coloreada según las características de cada vehículo y el barniz, que aporta un aspecto brillante.

El vehículo ya pintado, y posicionados todos los obturadores y pegatinas y el techo abierto, en caso de que lo llevara, llega al área de Montaje donde se lleva a cabo la última fase del proceso de producción.

Al Taller de Montaje llega la carrocería pintada. Un lápiz óptico lee el código de barras e identifica el modelo, motorización, equipamiento y accesorios. En las líneas de terminación incorporan al coche diferentes elementos, como



guarnecidos de techo, conjunto de pedales, lunas, grupo motopropulsor, asientos, ruedas, fluidos, etc. Finalizado el proceso es sometido a pruebas de calidad y estanqueidad.

2.5 Departamento de Pintura Renault Palencia

Para llevar a cabo su función, el Departamento de Pintura mantiene relación continua con los distintos departamentos de fabricación como Logística, Calidad Fabricación y Proveedores, y Mantenimiento, además de los departamentos transversales (Gestión Económica, Recursos Humanos, Medio Ambiente, etc.).

Todos los sistemas productivos, también el de Pintura, tienen como objetivo la mejora de la rentabilidad del proceso, la mejora continua de su eficiencia y el aumento de la calidad percibida por el cliente. El color y el brillo que proporciona este proceso producen una gran cantidad de ventas totales.

Proveedores de pinturas como PPG tienen grandes departamentos de I+D con el fin de ofrecer a sus clientes soluciones innovadoras que cumplan con las expectativas. Estas innovaciones abarcan desde el tratamiento previo, el equipamiento o las diferentes tecnologías de aplicación hasta productos de alta resistencia a los diferentes fenómenos internos y externos del coche.

Todo ello debe estar englobado por un proceso eficiente, sostenible y ecológico a la vez que económico, y para ello la industria debe mejorar, desarrollando nuevas tecnologías y mejorando de forma continua las que ya tiene.

2.5.1 Tratamiento superficial. TTS/KTL

Mediante este término se conoce el proceso de preparación de la carrocería en blanco proveniente de la soldadura con el fin de eliminar cualquier residuo como aceites o recubrimientos protectores temporales aplicados previamente para proteger el metal, ya sea en su transporte o fabricación, mejorar la adherencia de la pintura, consiguiendo una superficie inerte mediante un proceso químico que le dará una buena base para su revestimiento posterior, y prevención de la corrosión.

Un requisito fundamental para conseguir un buen resultado consiste en lograr un proceso libre de errores. Para una buena formación de la capa de fosfatado

es trascendental una superficie limpia, libre de contaminantes como aceites, grasas, ceras, productos corrosivos o proyecciones de soldadura. Muchos de los defectos imputados al Departamento se pueden atribuir a la mala preparación de la superficie metálica. Un agente de limpieza perfecto es aquel que permite eliminar todos los contaminantes, e impedir su redeposición.

La mejora del rendimiento anticorrosivo del proceso de cataforesis actual en el acero fosfatado afecta a los procesos previos, ya que pueden ser reducidos, consiguiendo un ahorro de producto y energía, que finalmente supondrá un proceso más económico.

El horneado culmina el tratamiento superficial, y tiene como fin el secado y endurecimiento obteniendo propiedades de protección química y resistencia mecánica.

2.5.2 Másticos

La aplicación de selladores en las uniones entre chapas y protectores es parte complementaria a la fase de tratamiento superficial, ya que el área entre uniones soldadas y el bajo caja puede debilitarse debido a factores externos.

La principal razón de la robotización de este proceso es la reducción de sobrecarga en posiciones no ergonómicas, como la aplicación del rebatido del cordón de techo, situado encima de la soldadura láser, y la optimización del recurso aplicado.

En interiores, puertas y en general zonas de unión se utiliza mástico de estanqueidad, con el fin de hacer estanco el habitáculo de olores y líquidos. En el bajo caja y zonas inferiores del habitáculo, mástico antigraillonado.

El método de aplicación es uno de los factores que más determina la calidad del proceso, sobre todo en la calidad del sellado y la percibida por el cliente en las zonas vistas (Ver Anexo: Imagen 2.5.2.1.).

El último proceso en el Taller es el horneado con la finalidad de solidificar la masilla pastosa aplicada y evitar roces en los trabajos en línea posteriores.

Aunque no es un elemento propiamente de pintura la colocación de paneles insonorizantes, tapones y pegatinas en el interior, siempre ha sido una tarea realizada en el Taller.

2.5.3 Aprestos

Los aprestos siguen ocupando un lugar muy importante en la industria de la automoción, al ser una tecnología muy desarrollada, lo que proporciona fiabilidad en su utilización.

Las principales cualidades que debe tener una imprimación parten de unas buenas propiedades mecánicas tanto en resistencia al impacto como flexibilidad. Debe ser resistente al agua y la humedad y a los rayos ultravioletas. Debe ser posible el lijado y el retocado si lo hubiera. Por último, su eficiencia y flexibilidad durante la aplicación tiene que ser máxima, lo que repercutirá en su economía.

Antes de la aplicación de pintura, la suciedad y cualquier imperfección proveniente de etapas anteriores deben ser eliminadas; cualquier deriva causa defectos en la capa de pintura que posteriormente serán detectados. Para ello además de una revisión manual de limpieza y retoque de imperfecciones, antes de introducir la carrocería en las cabinas de pintura del Taller un sistema de limpieza con plumas de emú garantiza el acabado en la superficie, que son las que se conocen con mayor carga electrostática.

El apresto no es el color; es una base de imprimación de color que sirve para la protección superficial de la chapa frente a corrosiones, además de garantizar la adherencia duradera de la base de color. Este es un proceso completamente automatizado, a excepción del control de calidad por el que transcurre con la finalidad de garantizar la aplicación homogénea en toda la caja.

2.5.4 TEBA

TEBA comprende las cabinas de bases agua y barniz, terminación y ceras.

Los productos de color tienen pocas diferencias con los anteriores. Bases al agua (Ver Anexo: Imagen 2.5.4.1.) es el proceso automatizado en el que se otorga a la caja el color definitivo, lo cual requiere de condiciones muy exigentes dentro de las cabinas, que permitan una correcta aplicación sin la



aparición de defectos, como pueden ser las burbujas. Se utiliza agua como disolvente mayoritario, lo que requiere un secado especial y condiciones de temperatura y humedad más exigentes.

La aplicación electrostática, como en el proceso de cataforesis, permite una mejor aplicación de la pintura y el ahorro de un 35% de pintura, lo que hace el proceso mucho más eficiente y ecológico.

Este horneado intermedio tiene como fin la evaporación del disolvente proveniente de la pintura evitando defectos posteriores por evaporación. La zona de radiación se utiliza como una zona de calentamiento rápido. Proporciona una ventilación adecuada y consigue la evaporación rápida del disolvente, evitando así la posterior aparición de ampollas.

Después del secado de la base de color se procede a la aplicación del barniz, que otorga el brillo y acabado final a la pintura. Las condiciones en la cabina de pintado, al igual que en el caso de la base, han de ser muy exigentes.

El horno (Ver Anexo: Imagen 2.5.4.2.) es atravesado por cada una de las carrocerías pintadas en los anteriores procesos. Suele estar compuesto por tres segmentos; las zonas de calentamiento, mantenimiento y enfriamiento de la temperatura. Cada segmento tiene una función: el primero, subir desde la temperatura ambiente hasta la de curado; el segundo, mantener dicha temperatura; por último se aplica un enfriamiento para evitar el choque térmico.

A la salida del anterior proceso se encuentra la zona de terminación o túnel de luz, donde varios operarios se encargan de analizar el 100% de las carrocerías y retocar los posibles defectos en la pintura; que no haya agresiones, ni burbujas, ni diferencias de tonalidad, ni granos, ni descolgones, etc. Para el retoque que no sea posible realizar a lo largo de la línea se desvía la caja hacia los puestos en los que se pueda corregir con mayor atención.



Imagen 2.5.4.3.: Línea de retoque y terminación del proceso de Pintura.
Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

Ceras es la última etapa del proceso de pintado y consiste en la aplicación en el interior de los cuerpos huecos de diferentes piezas de la carrocería, como son el capot, las puertas, el portón, etc. de un producto aceitoso para protegerlo contra la oxidación y la corrosión.

Una vez transcurrido este proceso y situados otros obturadores, el *stripping* y el techo abierto, en caso de que sea esta la opción elegida por el comprador, el vehículo está preparado para ser derivado al Taller de Montaje.

Capítulo 3. DEFECTOS, PPVV Y ELEMENTOS

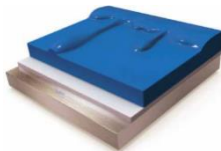
3.1 Defectos y retoques

Como todo proceso industrial, la técnica de pintado también tiene defectos, los cuales pueden haber sido originados en cualquier etapa del proceso. Los desperfectos pueden afectar tanto a su aspecto estético como a su protección final, siendo esto un problema grave si el cliente lo percibiera.

El estudio y el momento de imputación de los defectos es uno de los objetos finales de este Trabajo, así como la relación entre los indicadores que recogen esta información.

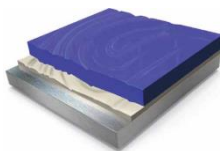
Por todo ello una correcta identificación, conociendo el origen y el porqué, ha hecho que puedan ser eliminados durante el proceso. Por lo tanto, una vez finalizado el proceso debemos realizar una inspección final intensa, con el fin de entregar la carrocería en perfectas condiciones al área de Montaje garantizando la calidad [*Dosta, 2003; Gómez y otros, 2003; Santos, 2001; Lechler, 2014; Besa, 2010*].

3.1.1 Descolgone y gotas



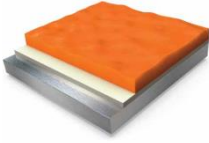
Son escurridos de la pintura que generalmente se producen en las superficies verticales debido a la fluidez de la pintura. Suelen depender de tres factores: la forma de aplicación, el abanico de pintado y el producto.

3.1.2 Lijado y pulido. Aureola de lustrado, retoque de pintura aparente, retoque no terminado



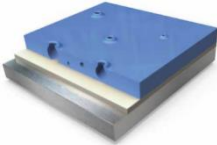
No son defectos provenientes del propio proceso de pintura, sino que se realizan en el proceso de acabado o retocado. Pueden producirse por un mal lijado lo que nos llevará a otro tipo de defectos sobre todo asociados con suciedades, o la producción de rayas. Un mal pulido puede hacer que se generen aureolas o manchas blancas muy tenues.

3.1.3 Piel de Naranja



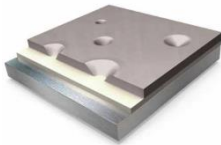
Superficie con arrugas, mal igualada por falta de estiramiento. El defecto es producido por la capa superior de barniz, un excesivo o insuficiente espesor, o una temperatura de la cabina o del soporte demasiado elevada.

3.1.4 Hervido



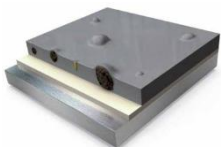
Pequeños picados superficiales producidos por la rotura o deformación de la superficie de pintura, generados por la salida de disolvente ocluido una vez seca la superficie exterior de la capa de pintura. Este defecto se produce debido a que el tiempo de aplicación entre las capas es demasiado corto por lo que el disolvente no puede evaporarse por completo o las capas son excesivamente gruesas o por un secado muy rápido.

3.1.5 Cráteres



Los cráteres son aberturas de forma esférica en la superficie producidas por problemas de tensión superficial. Aunque una mala aplicación puede producirlos, la mayoría de las veces es debido a la contaminación de la pintura, superficie o el aire de cabina con grasas o aceites que la repelen.

3.1.6 Suciedad. Picaduras. Fibras



Toda la suciedad en general que se deposita sobre la capa de pintura aún fresca o la pintura depositada sobre la suciedad de la superficie. Es un concepto muy general ya que puede llegar a englobar picaduras, partículas sólidas cubiertas con pintura, u otros defectos.

Cuando la procedencia de la suciedad es debida a productos del propio proceso como cascarillas de pintura o barniz seco se suelen denominar aglomerados. Este tipo de partículas son debidas a fallos en la circulación del aire de cabina o en los filtrados del aire. Por último, están las fibras, debidas a los materiales de los filtros.

3.1.7 Armonía y otros defectos

Este es un defecto que puede producirse de dos formas diferentes: la primera proviene de la propia aplicación, y la segunda debida a la diferencia de color por efecto del material a pintar. En muchos casos las aletas del paso de rueda delantero son de poliuretano mientras que el resto de partes son metálicas. En el caso del paragolpes, también de plástico, es pintado en otra área de pintura, lo que al ser un proceso independiente es susceptible de errores de armonía.

Otros defectos, para los cuales no es necesaria una explicación detallada porque la propia calificación lo define son Huellas, Granos y Granos de apresto, Mástico mal posicionado, irregular, en su posición, y superabundante, Falta de mástico, Falta de espesor de pintura, Falta de color, Falta de barniz, Mal aspecto del *Stripping*, Entradas de agua, Techo abierto mal posicionado, etc.

3.2 Medios de medida y PPVV

El acabado de la pintura exterior e interior es el resultado final donde los clientes verán su calidad. Por ello, la cantidad de mediciones e instrumentos de medida para asegurar la calidad en el proceso es masiva. La supervisión se documenta en los Planes de Vigilancia PPVV que se realizan diariamente. A continuación se definen las mediciones más usuales:

- **Sensorial:** el uso del tacto y la vista son parte fundamental para una primera revisión en línea. Falta de color o brillo, suciedad o grano en la superficie son fácilmente detectables.
- **Aspecto y brillo:** generalmente se evalúa lo que llamamos piel de naranja (ondulaciones en el reflejo que proporciona el barniz). Puede ser visual o percibido mediante instrumentos como *Wavescan*.
- **Espesor:** cantidad de pintura o grosor aplicada en cada una de las capas, medida mediante *Micropelt*, determinará propiedades diferentes.

3.2.1 Aspecto mediante láser: *Wavescan*

La meta del *Wavescan* es ofrecer de una manera objetiva el control y la medición optimizada del aspecto de la textura superficial. En el proceso de

Pintura todo se reduce a un acabado de alta calidad definido por su brillo y suavidad, parámetro que en *Wavescan* es definido como DOI.

La distribución de las texturas, que contribuyen a la percepción visual global de la superficie pintada, depende de muchos factores, tales como el tipo y la calidad del producto, las condiciones durante la aplicación, el secado y la calidad de la aplicación. Una superficie con una mala evaluación de piel de naranja puede devolver excelentes resultados de las mediciones del brillo [*wave-scan_dual.pdf*, pp. 37-40].

3.2.2 Espesor mediante ultrasonidos: *Micropelt*

Los medidores de espesor por ultrasonidos digitales determinan el espesor de cada una de las capas de pintura desde la capa metálica hasta el barniz final, con la precisión necesaria para calcular el tiempo requerido por un pequeño pulso de ultrasonidos generados por una sonda para atravesar el espesor del material llegando a la parte opuesta y que son devueltos a la sonda de nuevo.

3.3 Elementos

Se puede considerar la carrocería como una caja especial destinada para transportar personas o mercancías, durante la circulación del automóvil.

Algunos de los elementos de la carrocería que son pintados en el Taller y en los cuales se pueden imputar defectos derivados de la no calidad o mala aplicación son los siguientes.

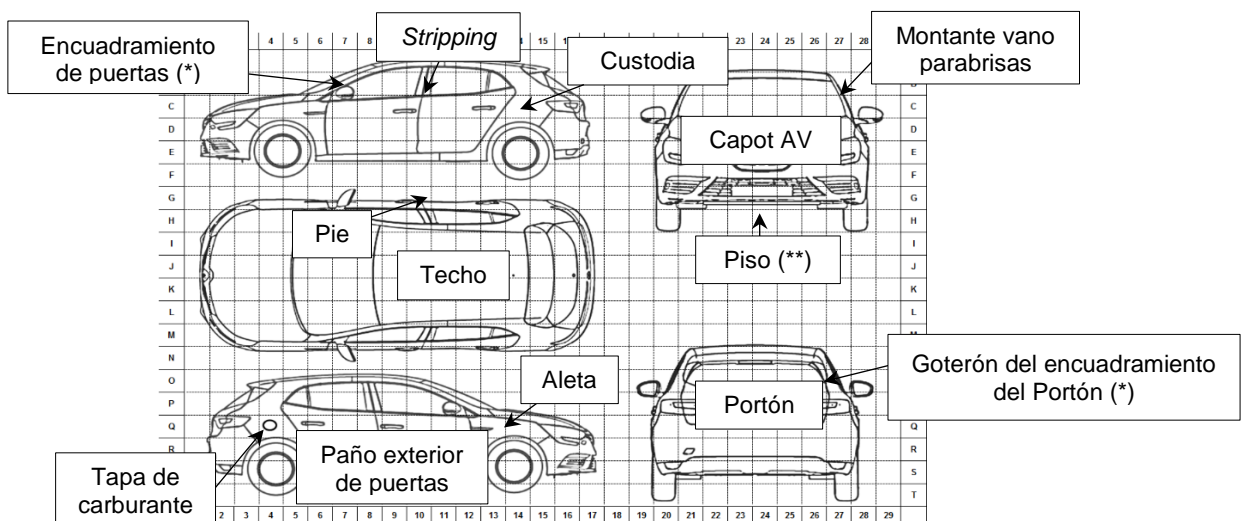


Imagen 3.3.1.: Cartografía BFB (*Mégane*).

Fuente: Departamento de Pintura, Renault Palencia. Nota: (*) Interior (**) Bajo caja



La función principal de la carrocería es alojar y proteger a los pasajeros del vehículo. A lo largo de la historia ha sufrido importantes transformaciones para obtener más confort y velocidad con menos potencia y consumo; por esta razón se ha desarrollado la aerodinámica de los vehículos, y para conseguir también un habitáculo más seguro para los pasajeros. El objetivo es producir carrocerías que absorban mejor el impacto de una colisión mediante la deformación progresiva y controlada de las partes del vehículo, sin que afecte al habitáculo.

Capítulo 4. SELECCIÓN DEL MODELO

El objetivo de la regresión es tratar de explicar los cambios que se producen en una variable, la endógena, a partir de los cambios que se producen en otras variables, las predeterminadas o explicativas. La regresión múltiple permite analizar cómo afectan, de forma conjunta, al comportamiento de otra variable y estudiar la influencia de cada una en la variable objeto de estudio.

4.1 Elección y preparación de los datos

La propia elección y preparación de los datos ha sido desarrollada durante los seis meses de prácticas en la Factoría de Renault de Palencia a partir de las fuentes de las que dispone de almacenamiento de datos, principalmente *SAP Business Objects*, que proporciona datos de corte transversal y temporales, de un gran número de variables que se consideran influyentes sobre el proceso: Calidad, Recursos Humanos, Consumo, etc.

Debido a la complejidad y a la diversidad de formatos, ha sido necesario realizar transformaciones para simplificar y organizar el conjunto de datos válido para estimar mediante el programa *Eviews* el modelo econométrico, que, a priori, se especifica como un Modelo de Regresión Lineal Clásico.

Se asumen las siguientes hipótesis clásicas:

- Linealidad en los parámetros
- $\varepsilon \rightarrow N(0, \sigma^2 I)$ y $Y \rightarrow N(X\beta, \sigma^2 I)$ por tanto son variables i.i.d.
- X no aleatoria.
- $rg(X) = k + 1 < N$

Del conjunto de datos resultante se han seleccionado aquellas variables (indicadores de calidad) que se consideran más relevantes para explicar la eficiencia del proceso productivo. La descripción de estas variables se desarrolla en el siguiente apartado.

4.2 Variables de los modelos. Indicadores de calidad

La Calidad es un eje estratégico del Grupo, cuya ambición es mejorar la satisfacción del cliente y ser reconocido como líder en términos de calidad de productos y servicios, en cada región y en cada segmento de mercado.

La mejora de la Calidad iniciada hace años en las fábricas se inscribe de forma duradera en el camino del Grupo hacia la *performance*.

La puesta en marcha de esta Política de Calidad se basa en el Plan de Satisfacción Cliente (PSC) que cuenta con siete ejes, cuatro de ellos fundamentales para la Fabricación:

- **Conformidad:** se basa en la aplicación rigurosa de los estándares en todos los *metiers*. La aplicación estricta de la FOS (Ficha de Operación Estándar) y la supervisión en permanencia del puesto de trabajo, la correcta ejecución de los PPVV (Planes de Vigilancia), a los que se ha hecho referencia anteriormente, establecidos en las FOPS (Ficha de Operación Proceso de tipo Supervisión) y la aplicación de los principios y normas del *Alliance Production Way* deben garantizar una producción conforme a las exigencias especificadas, pilar de la Calidad que debe ofrecer a los clientes.
- **Reactividad:** se basa en la rapidez de protección y corrección. Es responsabilidad de la fabricación proteger al cliente lo antes posible: el objeto es hacerlo en menos de tres días desde que la red detectó el defecto. También corresponde tratar y analizar el problema con proveedores para corregirlo desde el origen.
- **Calidad percibida:** se basa en un mejor conocimiento de lo que los clientes esperan de los productos. Se traduce en la adecuación de los procesos y también en el respeto de los gestos y de la manera de trabajar que afectan, sobre todo, a la calidad del acabado.
- **Comunicación:** cada colaborador de la Dirección de Fabricación y Logística del Grupo se compromete a promover la política y resultados de Calidad, con el objetivo de que sean también reconocidos por los clientes.



Figura 4.2.1.: Política de Calidad.
Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

La Política de Calidad ha de cumplir dos requisitos: garantizar en cualquier circunstancia la seguridad y la salud de todos los colaboradores, y vigilar constantemente la producción de vehículos irreprochables, que satisfagan a los clientes y contribuyan a mejorar la *Overall Opinion*, indicador fundamental del atractivo y de la reputación de los vehículos y al que la factoría debe contribuir a través de la gestión de la Calidad.

4.2.1 Extracción y análisis de indicadores de calidad

SAP Business Objects es un conjunto de programas que permite a las empresas ejecutar y optimizar distintos aspectos como los sistemas de fabricación, inventarios y relaciones con los clientes. Ofrece la posibilidad de realizar procesos específicos y consultas o crear módulos independientes de obtención de datos.

Este es el *software* que utiliza Renault Palencia para la obtención de datos imputados por los retocadores y *metiers* en GRET (punto de imputación).

4.2.2 Definición de indicadores de calidad utilizados en el estudio

No PAD (*Producción No Aceptada Directamente*): número total de defectos detectados y retocados a lo largo del proceso de Pintura.

DPU (*Defectos por Unidad=Defectos por vehículo*): número total de defectos detectados y retocados a lo largo del proceso hasta MACD (*Mileage Accumulation Chasis Dynamometer*).

$$DPU = \frac{\text{Nº total de defectos}}{\text{Nº de vehículos producidos}}$$

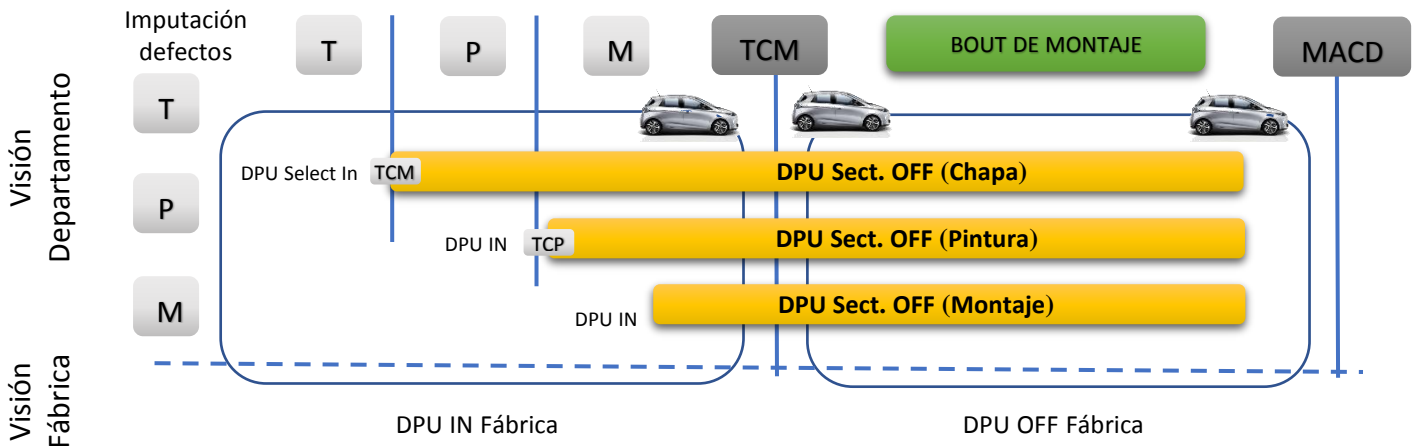


Figura 4.2.2.1.: Línea de imputación de defectos DPU.

Fuente: Departamento de Pintura, Renault Palencia.

Nota: TPM (Total Productive Maintenance), TCM (Tombée de Chaîne Mécanique) y TCP (Tombée de Chaîne Peinture).

DPU sectorial - taller:

DPU IN: Defectos del taller, encontrados y retocados en el taller.

DPU OFF: Defectos retocados fuera del taller.

AVES (*Alliance Vehicle Evaluation Standard*): número de defectos por vehículo (V1+V2+V3) imputados después de TCM (listo para la entrega), medidos bajo el referencial de calidad de la Alianza Renault-Nissan.

V1+V2: defectos para los que el cliente demanda la reparación o que manifiesta su inconformismo en una encuesta realizada al cliente.

V3: defectos que el cliente percibe pero que los tolera. Tienen una estrecha relación con la calidad del vehículo y su medición.

La evolución de estos indicadores marca una tendencia positiva en los últimos años y demuestra la conformidad de los procesos: fabricar bien desde la



primera vez, además de guardar la coherencia con la calidad percibida por el cliente.

DRG (*Demanda de Reembolso de Garantía*): número de defectos detectados por el cliente y son comunicados a fábrica. De esta forma se puede medir la calidad final de la fabricación y el nivel de satisfacción del cliente con el producto.

Capítulo 5. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

El número de defectos imputados en cada vehículo es un factor necesario de estudio en la eficiencia del proceso productivo. Para la realización de este trabajo se han definido dos modelos econométricos, el primero temporal, para el periodo comprendido entre las semanas 35 de 2016 y 35 de 2017, y el segundo de corte transversal, para un conjunto de factorías del Grupo Renault.

5.1 Especificación y estimación del modelo econométrico temporal

La evolución del número de defectos imputados por el cliente (DRG_S), al final del proceso productivo (AVES), por el Departamento de Montaje (DPU_OFF) y por el Departamento de Pintura (DPU_IN) es irregular durante todo el periodo de estudio.

El menor número medio de defectos imputados se produce en DRG_S (2,019231) y el mayor en el Departamento de Pintura (212,9615). En suma 105 y 11.074 defectos, respectivamente.

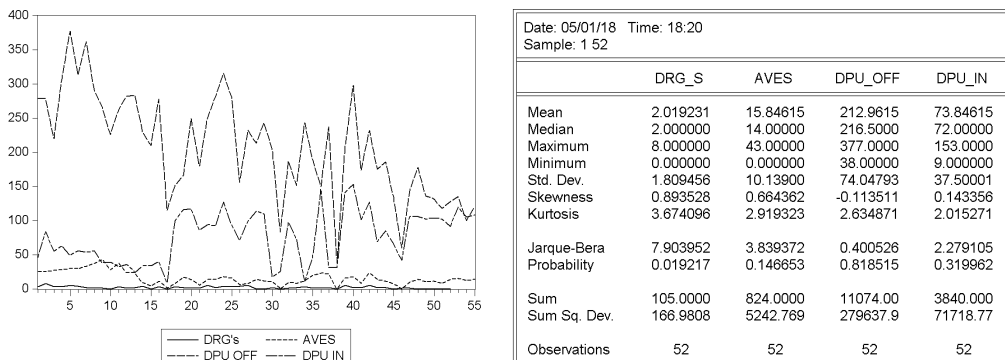


Figura 5.1.1.: Representación y estadísticos de las variables.

Fuente: Elaboración propia.

Especificación del modelo de regresión:

$$Y_t = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_t$$

siendo $Y_t = DRG_S_t$ la variable dependiente o endógena, y las variables independientes o exógenas:

$$X_1 = AVES_t$$

$$X_2 = DPU_OFF_t$$

$$X_3 = DPU_IN_t$$

para el periodo temporal semana 35 – 2016 – semana 35 – 2017, y los resultados de la estimación son los que se presentan a continuación.

Dependent Variable: DRG_S Method: Least Squares Date: 04/13/18 Time: 09:40 Sample: 1 52 Included observations: 52				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.024732	0.030946	-0.799193	0.4281
DPU_OFF	0.014957	0.004224	3.540926	0.0009
DPU_IN	0.005272	0.005922	0.890145	0.3778
C	-1.163382	0.822139	-1.415068	0.1635
R-squared	0.283327	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.238535	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.578968	Akaike info criterion	3.825223	
Sum squared resid	119.6706	Schwarz criterion	3.975319	
Log likelihood	-95.45579	Hannan-Quinn criter.	3.882766	
F-statistic	6.325378	Durbin-Watson stat	1.833616	
Prob(F-statistic)	0.001056			

Figura 5.1.2.: Regresión por MCO de DRG_S frente a AVES, DPU_OFF y DPU_IN.

Fuente: Elaboración propia.

De los coeficientes estimados se deduce la ecuación del modelo:

$$\hat{Y}_t = -1,163 - 0,025X_1 + 0,015X_2 + 0,005X_3$$

En el modelo econométrico temporal, en el que analizamos la significación de las variables AVES, DPU_OFF y DPU_IN, imputadas al final del proceso productivo, y en los departamentos de Montaje y Pintura, respectivamente, observamos que la primera y la tercera, utilizadas en la estimación del modelo, no son significativas individualmente (p-valor 0,4281 y 0,3778, respectivamente) en la explicación de la variable endógena DRG_S, que recoge el número de defectos imputados por el cliente, y que la segunda es significativa (p-valor 0,0009) en relación al nivel de significación seleccionado 0,05.

$$H_0: \begin{pmatrix} \beta_1 \\ \beta_2 \\ \beta_3 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$H_1: \quad \neq$$

El valor muestral del estadístico F rechaza claramente la hipótesis nula (p-valor 0,001056) por lo que la regresión es conjuntamente significativa.

Los estimadores de los coeficientes de las variables representan la variación de la variable dependiente cuando las variables independientes aumentan en

una unidad, *ceteris paribus*. Así, por ejemplo, si aumenta en una unidad el número de defectos imputados en AVES, disminuye en 0,025 el número de defectos percibidos por el cliente si las demás variables no cambian.

Cuanto mayor es el número de defectos imputados al final del proceso, el número de defectos imputados por el cliente es menor, sentido del coeficiente con pleno sentido. Sin embargo, cuanto mayor es el número de defectos imputados en los indicadores de Montaje y Pintura, mayor es el número de defectos final, lo cual puede estar relacionado con la ineficiencia del sistema, que puede generar un sobrecoste relacionado con la imputación.

Si la relación lineal entre la variable dependiente y las variables independientes es perfecta, indicaría que toda la variabilidad de la variable dependiente es explicada por los regresores, y por tanto no se cometerían errores. La suma de cuadrados residual será cero y la suma de cuadrados total coincidirá con la de la regresión, por lo que el cociente entre ambas valdrá la unidad ($R^2 = 1$). En el caso opuesto, en el que no exista ningún tipo de relación lineal entre las variables, la suma de cuadrados total coincidirá con la residual (la regresión no explicará nada) y, por tanto, la suma de cuadrados debida a la regresión es nula, dando lugar a $R^2 = 0$. Por tanto el R^2 indica qué parte de la variabilidad de Y explican las variables explicativas.

El coeficiente de determinación corregido o ajustado introduce un factor de corrección para tener en cuenta el número de variables independientes que introducimos en el modelo, porque a medida que se incluyen más variables explicativas el R^2 siempre aumenta, aunque las variables introducidas no tengan ninguna influencia en el comportamiento de la variable dependiente. Este coeficiente no está acotado pudiendo ser negativo.

Los resultados obtenidos indican que el 28,33% del comportamiento de la variable endógena viene explicado por las tres variables exógenas y los residuos explicarían el 71,67% restante, indicio de que existen otros factores que pueden contribuir a la explicación del número de defectos percibidos por el cliente. Después revisaremos este aspecto. No obstante, como se ha dicho, dado el tamaño de la muestra y el número de variables, la regresión es significativa.

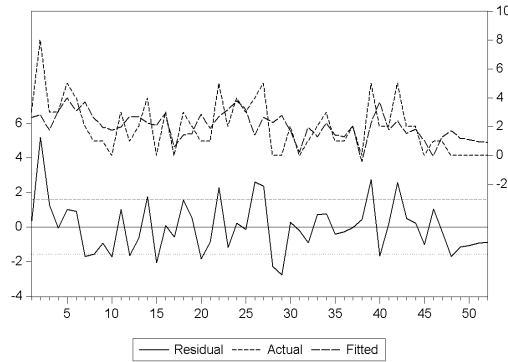


Figura 5.1.3.: Valores reales y ajustados de la variable DRG_S y residuos de la regresión.
Fuente: Elaboración propia.

Una cuestión importante que debe analizarse al estudiar los resultados de un modelo de regresión es el grado de relación lineal existente entre las observaciones de las variables explicativas.

Correlation

	AVES	DPU_OFF	DPU_IN
AVES	1.000000	0.706924	-0.088301
DPU_OFF	0.706924	1.000000	-0.038846
DPU_IN	-0.088301	-0.038846	1.000000

Figura 5.1.4.: Correlación de las variables explicativas.
Fuente: Elaboración propia.

Los resultados muestran la existencia de una relación lineal positiva y fuerte entre los regresores del modelo AVES y DPU_OFF. En este caso $|X'X| \neq 0$ por lo tanto no existen razones, a priori, para no poder estimar el modelo.

Las consecuencias de la multicolinealidad imperfecta son: la dificultad para interpretar los coeficientes, y por tanto, sus estimaciones, y la pérdida de precisión de los estimadores ya que sus varianzas toman valores grandes. Los coeficientes de regresión (β_j) se interpretan como el cambio que se produce en la variable endógena al variar X_j en una unidad, permaneciendo el resto de variables constantes. Cuando existe multicolinealidad imperfecta no tiene sentido suponer que el resto de las variables permanencen constantes.

La multicolinealidad imperfecta puede ser la causa de la no significación individual de la variable AVES. Entre las variables DPU_IN y AVES y DPU_IN y DPU_OFF la correlación es negativa.

En el análisis de posibles errores de especificación del modelo relacionados con el incumplimiento de alguna de las hipótesis clásicas estudiamos la estabilidad de los parámetros, la distribución de las perturbaciones aleatorias a partir de la distribución de los residuos, al ser las primeras variables no observables de las que no podemos obtener una muestra, y la linealidad de los parámetros o forma funcional correcta.

Contraste sobre la estabilidad de los parámetros e introducción de variables ficticias en la mejora del modelo.

Hasta ahora hemos supuesto que en el modelo de regresión especificado los coeficientes se mantienen constantes para todo el periodo muestral. Sin embargo, es posible que existan submuestras para las que el comportamiento del modelo sea diferente, es decir, exista cambio estructural.

Para analizar el contraste de estabilidad estructural respecto a la última semana de 2016 (18) en la que se realizaron modificaciones en el proceso de producción utilizamos el contraste de estabilidad de los parámetros de *Chow*, el análisis de los coeficientes recursivos y el test CUSUM.

$$H_0: \begin{pmatrix} \beta_1^1 \\ \beta_2^1 \\ \beta_3^1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \beta_1^2 \\ \beta_2^2 \\ \beta_3^2 \end{pmatrix}$$

$$H_1: \quad \neq$$

Chow Breakpoint Test: 18		
Null Hypothesis: No breaks at specified breakpoints		
Varying regressors: All equation variables		
Equation Sample: 1 52		
F-statistic	2.178199	Prob. F(4,44) 0.0871
Log likelihood ratio	9.394769	Prob. Chi-Square(4) 0.0520
Wald Statistic	8.712798	Prob. Chi-Square(4) 0.0687

Figura 5.1.5.: Test de Chow sobre el cambio estructural para la semana 18.

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados para la semana 18 hacen que para un p-valor de la F de Snedecor igual a 0,0871 no se rechace la hipótesis nula de permanencia

estructural, por lo que no se podría considerar que a partir de la última semana de 2016 se produzca un cambio en los parámetros del modelo.

En el proceso de detección de cambio estructural se procede a la utilización de la estimación recursiva. Esta técnica es adecuada cuando trabajamos con datos temporales y se desconoce el momento en el que se ha producido el cambio estructural. Consiste en la estimación secuencial del modelo especificado para distintos tamaños muestrales. Con cada estimación obtenemos un vector de estimadores (coeficientes recursivos), con el que podemos calcular la predicción de la variable endógena en el periodo siguiente, el error de predicción correspondiente y los residuos recursivos. Si no existe un cambio estructural los coeficientes recursivos se mantendrán constantes al ir aumentando la muestra secuencialmente y los residuos recursivos no se desviarán de cero.

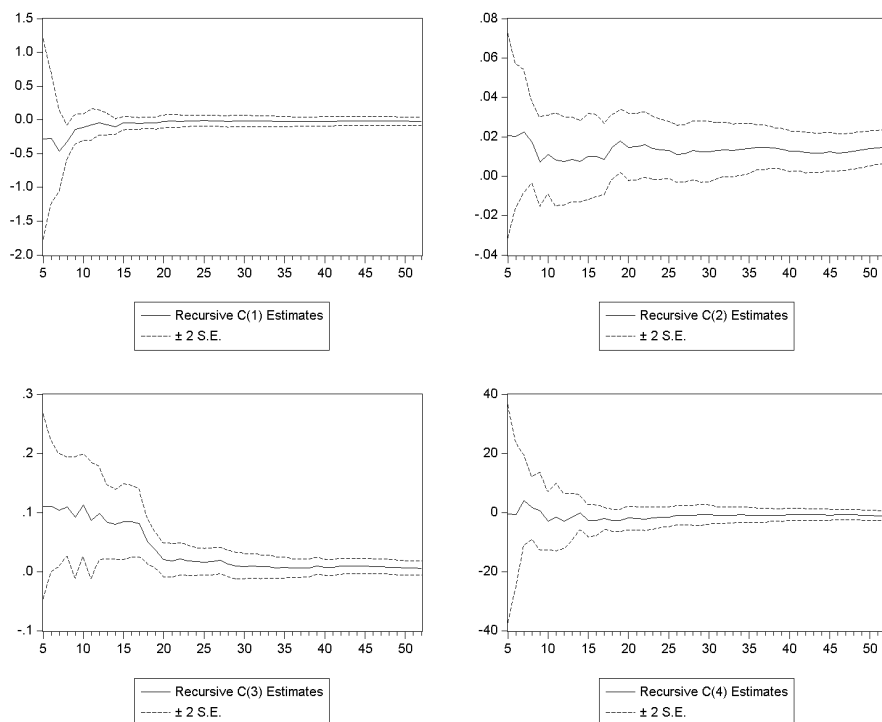


Figura 5.1.6.: Representación de los coeficientes recursivos.

Fuente: *Elaboración propia.*

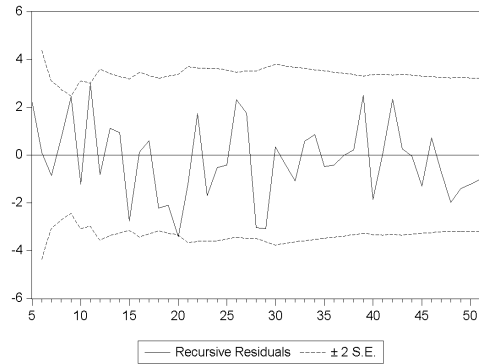


Figura 5.1.7.: Representación de los residuos recursivos.
Fuente: Elaboración propia.

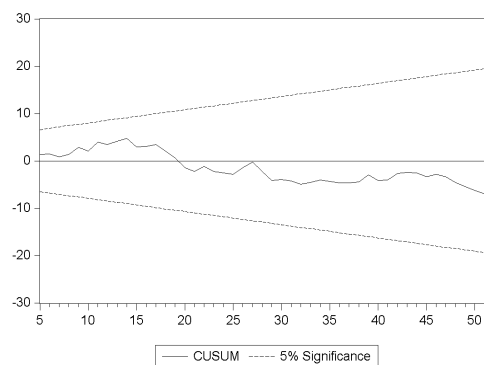


Figura 5.1.8.: Test CUSUM de estabilidad estructural.
Fuente: Elaboración propia.

Se recurre a los gráficos de los coeficientes recursivos y del test CUSUM para confirmar si realmente a partir de la semana seleccionada no existe cambio estructural. La representación muestra que varios parámetros del modelo podrían verse afectados por falta de estabilidad estructural. Algunos de los coeficientes de la Figura 5.1.6. no presentan una evolución constante en el tiempo y en el test CUSUM se confirma el cambio. Así, si se presta atención a la tendencia del coeficiente recursivo correspondiente a la variable DPU_IN se puede advertir que en la semana 18 se produce un salto brusco en la pendiente.

Una forma alternativa de llevar a cabo este contraste de estabilidad es mediante la incorporación de variables ficticias que recojan el cambio en los coeficientes del modelo. En este caso es necesaria la inclusión de una variable cualitativa ($S18_t$) que recoja la diferencia temporal en la variable DPU_IN.

$$S18_t = \begin{cases} 1 & \text{si } t \leq 18. \\ 0 & \text{en el resto.} \end{cases}$$

En el proceso de selección del modelo se incluye de forma aditiva (Ver Anexo: Figura 5.1.9.), multiplicativa (Ver Anexo: Figura 5.1.10.), y aditiva y multiplicativa (Figura 5.1.11.).

Dependent Variable: DRG_S				
Method: Least Squares				
Date: 05/18/18 Time: 08:59				
Sample: 1 52				
Included observations: 52				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.033931	0.031300	-1.084053	0.2840
DPU_OFF	0.014943	0.004121	3.628343	0.0007
DPU_IN	0.000492	0.007470	0.065849	0.9478
DPU_IN*S18	0.049691	0.018639	2.666025	0.0106
S18	-2.240693	1.196740	-1.872330	0.0675
C	-0.696522	0.820451	-0.848950	0.4003
R-squared	0.384102	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.317156	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.495233	Akaike info criterion	3.750608	
Sum squared resid	102.8432	Schwarz criterion	3.975751	
Log likelihood	-91.51581	Hannan-Quinn criter.	3.836923	
F-statistic	5.737530	Durbin-Watson stat	1.984989	
Prob(F-statistic)	0.000340			

Figura 5.1.11.: Regresión por MCO que incluye la variable ficticia S18 de manera aditiva y multiplicativa.

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\hat{Y}_t = -0,697 - 0,034X_1 + 0,015X_2 + 0,001X_3 + 0,049X_4 - 2,241X_5$$

Nota: $X_1 = AVES_t$, $X_2 = DPU_OFF_t$, $X_3 = DPU_IN_t$, $X_4 = DPU_IN_t S18_t$ y $X_5 = S18_t$.

Los estimadores de los coeficientes de las variables representan la variación de la variable dependiente cuando las variables independientes aumentan en una unidad, *ceteris paribus*, de esta forma se definía en primera regresión. Así, por ejemplo, en este modelo, que incluye la variable cualitativa S18, si aumenta en una unidad el número de defectos imputados en AVES, disminuye en 0,034 el número de defectos percibidos por el cliente si las demás variables no cambian. Sin embargo, cuanto mayor es el número de defectos imputados en los indicadores de Montaje y Pintura, DPU_OFF y DPU_IN, respectivamente, mayor es el número de defectos final, lo cual puede estar relacionado, como se afirmaba en el modelo anterior, con la ineficiencia del sistema de imputación de la defectología.

El número de defectos imputados en el Departamento de Montaje (DPU_OFF) continúa siendo una variable significativa en la explicación del número de defectos percibidos por el cliente y reclamados a fábrica (DRG_S), p-valor 0,0007. En este modelo también es significativa la variable que recoge la

interacción entre la estabilidad de los parámetros y el número de defectos imputados en el Departamento de Pintura (DPU_IN), en la que se observa un verdadero cambio a partir de la semana 18 en la representación de los coeficientes recursivos.

	Antes de la semana 18	Después de la semana 18
Constante	$\hat{\alpha} + \hat{\beta}_5 = -2,938$	$\hat{\alpha} = -0,697$
DPU_IN	$\hat{\beta}_3 + \hat{\beta}_4 = 0,05$	$\hat{\beta}_3 = 0,001$

Tabla 5.1.1.: Valores estimados de los coeficientes.
Fuente: *Elaboración propia.*

La inclusión de este factor temporal mejora el análisis de la eficiencia del proceso productivo en el año 2017, en lo respectivo a la interpretación del sentido del indicador DPU_IN, por la relación directa, pero no en lo que se refiere al término constante. En el año 2016 cuando aumentaba en una unidad el número de defectos imputados en el proceso de Pintura, aumentaba el número de defectos imputados por el cliente en 0,05. Sin embargo, con la introducción de este factor temporal mediante la variable ficticia, el número de defectos imputados por el cliente aumenta en 0,001 (variación 98%).

Al observar los resultados de las estimaciones, se puede comprobar que aunque la variable cualitativa es individualmente no significativa (p-valor = 0,0675), sí lo es el regresor que recoge la interacción entre DPU_IN y la variable ficticia. El coeficiente de determinación ajustado aumenta un 7,86% (0,3171 - 0,2385) respecto a la regresión inicial. Así el 38,41% de la variabilidad del número de defectos percibidos por parte del cliente (DRG_S) viene explicado por las variables explicativas cuantitativas y cualitativas.

Las variables introducidas inicialmente como regresores son variables de tipo cuantitativo. Sin embargo, en ocasiones existen factores de tipo cualitativo que pueden ser relevantes para explicar el comportamiento de la variable endógena, como ocurre con la variable $S18_t$, introducida para el análisis de

posibles errores de especificación del modelo relacionados con la estabilidad de los parámetros.

La inclusión de estos factores en un modelo econométrico, se realiza a partir de la construcción de lo que se conoce como variables ficticias que toman dos valores arbitrarios, normalmente 1 y 0, que corresponden a las modalidades del factor, aunque no necesariamente ya que podrán tomar otros valores o más de dos.

Pueden utilizarse para recoger efectos temporales, espaciales, estacionales, funciones escalonadas, etc. Podríamos introducir en el modelo factores como: climatología, turno fin de semana, prolongaciones, nuevas incorporaciones, etc.

Las variables ficticias se pueden construir e incorporar de forma que actúen en el modelo de tres modos distintos: que afecte solo al término constante (aditiva), que afecte solo a los coeficientes de las variables explicativas (multiplicativa), o que afecte a ambos. La forma de incorporar los factores cualitativos en el modelo depende del efecto que creemos que tiene ese factor sobre el comportamiento de la variable dependiente.

En el proceso de búsqueda y selección de un modelo econométrico en el que aumente la bondad del ajuste y la significación conjunta de las variables (*F de Snedecor*) (Ver anexo: Figura 5.1.12.) se selecciona el siguiente:

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.024758	0.031584	-0.783888	0.4375
DPU_CFF	0.018787	0.004125	3.818723	0.0004
DPU_IN	0.009865	0.010110	0.955886	0.3445
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.011299	0.007243	-1.588945	0.1263
DPU_IN*S18	0.034331	0.030194	1.137003	0.2820
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.073732	0.048782	-1.576757	0.1224
DPU_IN*S18*INCORPORACION	0.026287	0.024200	1.086255	0.2839
S18	2.369747	1.272519	1.859882	0.0869
S18*PROLONGACIONES	2.507286	2.220084	1.128385	0.2852
C	-0.942287	0.012870	-1.159221	0.2529
R-squared	0.484588	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.349833	S.D. dependent var	1.839458	
S.E. of regression	1.458018	Akaike info criterion	3.764445	
Sum squared resid	89.40677	Schwarz criterion	4.138684	
Log likelihood	-87.87557	Hannan-Quinn criter.	3.908303	
F-statistic	4.049045	Durbin-Watson stat	2.098580	
Prob(F-statistic)	0.000861			

Figura 5.1.13.: Regresión por MCO del modelo incluyendo las variables ficticias prolongaciones e incorporaciones.

Fuente: *Elaboración propia.*

$$\hat{Y}_t = -0,942 - 0,025X_1 + 0,016X_2 + 0,01X_3 - 0,011X_4 + 0,034X_5 - 0,074X_6 + 0,026X_7 - 2,368X_8 + 2,507X_9$$

siendo $Y_t = DRG_S_t$ la variable dependiente o endógena, y las variables independientes o exógenas:

$$\begin{aligned}
 X_1 &= AVES_t & X_6 &= DPU_IN_t S18_t Prolongaciones_t \\
 X_2 &= DPU_OFF_t & X_7 &= DPU_IN_t S18_t Incorporaciones_t \\
 X_3 &= DPU_IN_t & X_8 &= S18_t \\
 X_4 &= DPU_IN_t Incorporaciones_t & X_9 &= S18_t Prolongaciones_t \\
 X_5 &= DPU_IN_t S18_t
 \end{aligned}$$

Nota: DRG_S_t (número de defectos percibidos por el cliente y comunicados a fábrica) $AVES_t$ (número de defectos imputados en el momento inmediato anterior a la entrega), DPU_OFF_t (número de defectos detectados y retocados a lo largo del proceso de montaje), y DPU_IN_t (número de defectos detectados y retocados a lo largo del proceso de pintura).

$$\begin{aligned}
 Prolongaciones_t &= \begin{cases} 1 & \text{prolongación de la jornada laboral.} \\ 0 & \text{no prolongación de la jornada laboral.} \end{cases} \\
 Incorporaciones_t &= \begin{cases} 1 & \text{incorporaciones de nuevos trabajadores.} \\ 0 & \text{no incorporaciones de nuevos trabajadores.} \end{cases}
 \end{aligned}$$

La prolongación de la jornada laboral y las incorporaciones de nuevos trabajadores son factores indirectamente relacionados con la defectología; el primero influye en la eficiencia del trabajador y el segundo en que el capital humano, aun pasando un proceso de formación, sea menos productivo.

Prolongación	Antes de la semana 18				Después de la semana 18			
	Si		No		Si		No	
Incorporación	Si	No	Si	No	Si	No	Si	No
Constante	-0,803	-0,803	-3,31	-3,31	0,942	0,942	0,942	0,942
DPU_IN	-0,018	-0,03	0,059	0,044	-0,001	0,01	-0,001	0,01

Tabla 5.1.2.: Valores estimados de los coeficientes.
Fuente: Elaboración propia.

La presencia de los factores cualitativos, prolongaciones e incorporaciones, otorga mayor información al modelo. En el modelo seleccionado, en el que interaccionan las variables ficticias, antes de la semana 18 tiene mayor trascendencia que haya prolongación de la jornada laboral y no incorporación de nuevos trabajadores, porque cuando aumenta en una unidad el número de

defectos imputados en el Departamento de Pintura disminuye el número de defectos imputados por el cliente un 0,03. Después de la semana 18, con independencia de la existencia de prolongaciones, cuando hay incorporaciones la variable tiene mayor sentido en la explicación, porque cuando aumenta en una unidad DPU_IN disminuye DRG_S en 0,001.

El número de defectos imputados en el Departamento de Pintura (DPU_OFF) continúa siendo el indicador de defectología del proceso productivo que únicamente es significativo en la explicación del número de defectos imputados por el cliente y comunicados a fábrica (DRG_S). El sentido de la interpretación de los estimadores de los coeficientes en relación a la estimación de la variable endógena, es similar al de las anteriores regresiones.

Conjuntamente las variables son significativas en la explicación del modelo y la satisfacción del cliente (p-valor 0,000861) para un nivel de significación 0,05. La bondad del ajuste aumenta respecto al coeficiente de determinación ajustado ($\bar{R}^2 = 34,9833\%$, un 3,27% mejor que el modelo que incluye el factor estabilidad estructural y un 11,13% respecto al inicial), pero no mejora según los estadísticos *Akaike AIC*, *Schwarz SBIC* y *Hannan* (3,764445, 4,139684 y 3,908303, respectivamente).

El último modelo estimado no es el seleccionado para continuar con el estudio de la eficiencia de imputación de defectos en el proceso productivo, debido a las dos razones siguientes: primero, tres de los cuatro estadísticos utilizados para el análisis de la bondad del ajuste empeoran, aunque aumenta la explicación de la variabilidad del número de defectos percibidos por el cliente (DRG_S) en un 18,1241% respecto al modelo original, y un 8,0466% respecto al modelo que incluye la variable ficticia (S18), y segundo, las variables que recogen los factores cualitativos incorporaciones y prolongaciones no son individualmente significativas (p-valor: 0,1263, 0,1224, 0,2836 y 0,2652, respectivamente).

En el modelo de la Figura 5.1.11. verificamos la distribución normal de las perturbaciones aleatorias y la linealidad de los parámetros o forma funcional correcta.

Test de normalidad de Jarque-Bera

En lo que se refiere a la distribución de las perturbaciones, la podemos definir como asimétrica positiva y platicúrtica, la observación del histograma y los coeficientes indican asimetría a la derecha (Skewness 0,592519) y menor grado de apuntamiento (Kurtosis 2,868310) que la de una normal con la misma media y la misma varianza. El valor muestral del estadístico Jarque-Bera toma el valor 3,080257, con un p-valor de 0,214354 que conduce a no rechazar la hipótesis nula de normalidad para un nivel de significación de 0,05.

$$H_0 = \text{Normalidad}$$

$$H_1 = \text{No normalidad}$$

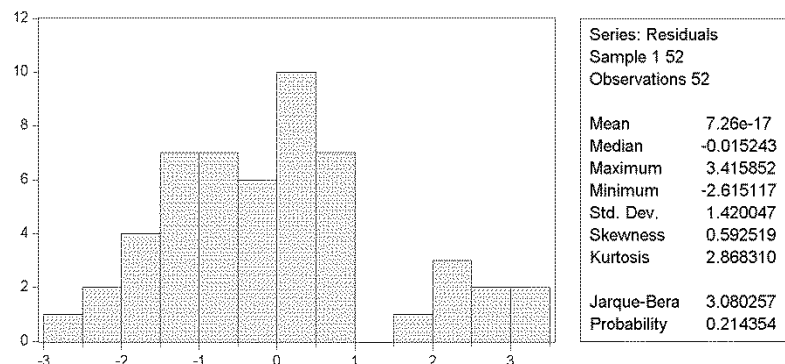


Figura 5.1.14.: Representación y estadísticos del *Test de Normalidad de Jarque-Bera*.

Fuente: Elaboración propia.

Errores de especificación en la forma funcional

Para el estudio de la linealidad en los parámetros o forma funcional correcta utilizamos el *Test Reset de Ramsey* y en este caso concreto, se establece como hipótesis nula $H_0: \beta_6 = 0$, que supone forma funcional correcta. No rechazamos la linealidad en los parámetros, la variable introducida no es significativa (p-valor 0,4309) y el modelo no tiene error en cuanto a la forma funcional.

$$H_0: \beta_{11} = 0 \text{ Linealidad}$$

$$H_1: \beta_{11} \neq 0 \text{ No linealidad}$$

Ramsey RESET Test				
Equation: EQ02				
Specification: DRG_S AVES DPU_OFF DPU_IN DPU_IN*S18 S18 C				
Omitted Variables: Squares of fitted values				
	Value	df	Probability	
t-statistic	0.794729	45	0.4309	
F-statistic	0.631594	(1, 45)	0.4309	
Likelihood ratio	0.724767	1	0.3946	
F-test summary:				
	Sum of Sq.	df	Mean Squares	
Test SSR	1.423467	1	1.423467	
Restricted SSR	102.8432	46	2.235721	
Unrestricted SSR	101.4197	45	2.253771	
LR test summary:				
	Value	df		
Restricted LogL	-91.51581	46		
Unrestricted LogL	-91.15342	45		
Unrestricted Test Equation:				
Dependent Variable: DRG_S				
Method: Least Squares				
Date: 05/30/18 Time: 09:56				
Sample: 1 52				
Included observations: 52				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.013493	0.040807	-0.332289	0.7412
DPU_OFF	0.008612	0.008977	0.959431	0.3425
DPU_IN	0.000178	0.007510	0.023855	0.9812
DPU_IN*S18	0.023208	0.038218	0.607246	0.5467
S18	-1.266377	1.716813	-0.737718	0.4645
C	-0.145197	1.076955	-0.134822	0.8934
FITTED^2	0.111266	0.140005	0.794729	0.4309
R-squared	0.392626	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.311643	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.501257	Akaike info criterion	3.775132	
Sum squared resid	101.4197	Schwarz criterion	4.037799	
Log likelihood	-91.15342	Hannan-Quinn criter.	3.875832	
F-statistic	4.848248	Durbin-Watson stat	1.963571	
Prob(F-statistic)	0.000679			

Figura 5.1.15.: *Test Reset de Ramsey sobre la forma funcional.*
Fuente: Elaboración propia.

Ramsey sugiere incluir en Z potencias de los valores estimados de la variable dependiente (los cuales son, por supuesto, combinaciones lineales de potencias y productos cruzados de las variables explicativas), de modo que: $Z = (\hat{Y}^2, \hat{Y}^3, \hat{Y}^4, \dots)$. Se suele incluir sólo \hat{Y}^2 .

No se incluye \hat{Y} porque existe correlación perfecta de esta variable con la matriz X y, por lo tanto, el modelo no se podría estimar.

5.2 Especificación del modelo econométrico de corte transversal

La eficiencia del proceso productivo no se puede definir únicamente en relación a la evolución temporal y al resultado de las mejoras de ingeniería en cada uno de los departamentos de la factoría de Palencia. La relación con el resto del Grupo Renault es un factor clave y a tener en cuenta en la competitividad de la marca.

En este modelo, para el que no se dispone de información sobre el resto de factorías del indicador de defectología DRG_S, se selecciona como regresando AVES, último punto de imputación de defectos dentro de la factoría.

Especificación del modelo de regresión:

$$Y_i = \alpha + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_i$$

siendo $Y_t = AVES_i$ la variable dependiente o endógena, y las variables independientes o exógenas:

$$X_1 = DPU_OFF_i$$

$$X_2 = DPU_IN_i$$

$$X_3 = NO_PAD_i$$

para las siguientes factorías: *Batilly* (Francia), *Douai* (Francia), *Flins* (Francia), *Maubeuge* (Francia), *Novo Mesto* (Eslovenia), *Sandouville* (Francia), ***Palencia*** (España), *Valladolid* (España), *Bursa* (Turquía), *Moscú* (Rusia), *Pitesti* (Rumanía), *Casablanca* (Ciudad de Marruecos), *Tanger 1* (Tanger), *Tanger 2* (Tanger), *Cordoba* (Argentina), *Curitiba VP* (Brasil), *Curitiba VU* (Brasil), *Envigado* (Colombia), *Busan* (Corea del Sur), y los resultados de la estimación son los que se presentan a continuación.

Dependent Variable: AVES				
Method: Least Squares				
Date: 04/25/18 Time: 12:33				
Sample: 1 19				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPU_OFF	0.196344	0.085568	2.294506	0.0366
DPU_IN	0.006345	0.013366	0.474695	0.6418
NO_PAD	0.009142	0.005670	1.612443	0.1277
C	0.057924	0.076837	0.753861	0.4626
R-squared	0.435645	Mean dependent var	0.236421	
Adjusted R-squared	0.322774	S.D. dependent var	0.135909	
S.E. of regression	0.111844	Akaike info criterion	-1.358755	
Sum squared resid	0.187637	Schwarz criterion	-1.159925	
Log likelihood	16.90817	Hannan-Quinn criter.	-1.325105	
F-statistic	3.859671	Durbin-Watson stat	2.335426	
Prob(F-statistic)	0.031412			

Figura 5.2.1.: Regresión por MCO de AVES frente a DPU_OFF, DPU_IN y NO_PAD.

Fuente: *Elaboración propia*

En el modelo econométrico de corte transversal, en el que analizamos la significación de las variables DPU_OFF, DPU_IN y NO_PAD, imputadas la primera en el Departamento de Montaje y las otras en el Departamento de Pintura, observamos que la primera utilizada en la estimación del modelo es significativa (p-valor 0,0366) en la explicación de la variable endógena AVES, que recoge el número de defectos imputados en el análisis exhaustivo realizado antes de que el vehículo salga de la factoría con destino el

concesionario, y que la segunda y la tercera no son significativas individualmente (p-valor 0,6418 y 0,1277, respectivamente). Conjuntamente las variables son significativas (p-valor 0,031412).

Los resultados obtenidos indican que el 43,56% de la variabilidad del número de defectos imputados antes de salir de fábrica viene explicado por las tres variables exógenas y los residuos explicarían el 56,44% restante.

Entre las variables exógenas están positivamente correlacionadas pero sin indicio de multicolinealidad en el modelo. Utilizamos para la conclusión la matriz de correlación lineal.

Correlation

	DPU_OFF	DPU_IN	NO_PAD
DPU_OFF	1.000000	0.138069	0.259732
DPU_IN	0.138069	1.000000	0.208157
NO_PAD	0.259732	0.208157	1.000000

Figura 5.2.2.: Correlación de las variables explicativas.
Fuente: Elaboración propia.

En el análisis de posibles errores de especificación del modelo relacionados con el incumplimiento de alguna de las hipótesis clásicas estudiamos la distribución de las perturbaciones aleatorias y la linealidad de los parámetros o forma funcional correcta.

Test de normalidad de Jarque-Bera

En lo que se refiere a la distribución de las perturbaciones, la podemos definir como asimétrica positiva y platicúrtica, la observación del histograma y los coeficientes indican asimetría a la derecha (Skewness 0,507864) y menor grado de apuntamiento (Kurtosis 2,9928612) que la de una normal con la misma media y la misma varianza.

El valor muestral del estadístico Jarque-Bera toma el valor 0,820801, con un p-valor de 0,663384 que conduce a no rechazar la hipótesis nula de normalidad para un nivel de significación de 0,05 (Ver Anexo: Figura 5.2.3.).



Errores de especificación en la forma funcional

Para el estudio de la linealidad de los parámetros o forma funcional utilizamos el *Test Reset de Ramsey* y se establece como hipótesis $H_0: \beta_4 = 0$ o forma funcional correcta. No rechazamos la linealidad en los parámetros. La variable introducida no es significativa (p-valor 0,1337) (Ver Anexo: Figura 5.2.4.).

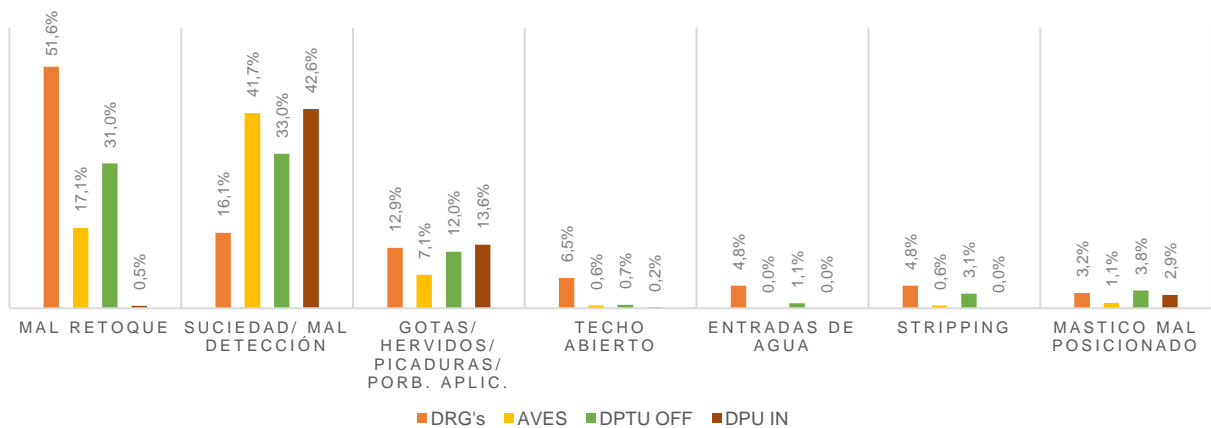
Capítulo 6. ESTABLECIMIENTO DE LÍNEAS DE ACCIÓN

Para el establecimiento de líneas de acción que permitan la reducción del número de defectos de la producción, y de esta forma minimizar el coste generado o VT, valor de transformación, se han desarrollado dos gráficos en los que se define una clasificación o TOP de los incidentes y elementos en los que existe mayor imputación de defectos, para de esta forma continuar con el proceso de análisis de la satisfacción respecto al producto. Se han seleccionado los siete que, según este estudio, han resultado más relevantes.

El departamento realiza un seguimiento a diario mediante la *Task Force* y *QRQC*, *Quick Response Quality Control*.

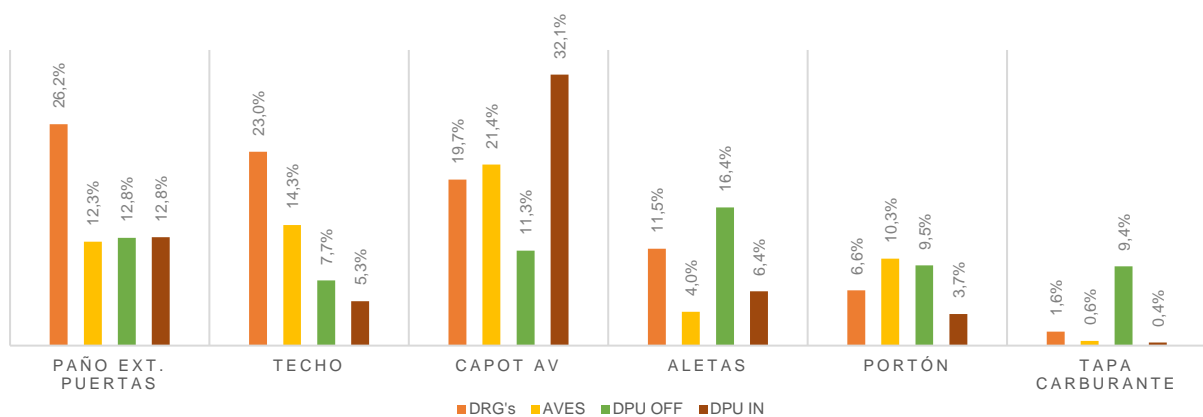
Las líneas de acción establecidas para dar solución al **TOP7 Incidente** son:

Gráfico 6.1.: TOP7 Incidente.



Fuente: Elaboración propia.

Gráfico 6.2.: TOP6 Elemento.



Fuente: Elaboración propia.



TOP1: Mal retoque. Se considera mal retoque todo aquel derivado del capital humano, y que puede consistir en un retoque de pintura aparente, un retoque no terminado, aureola de lustrado, etc.

El seguimiento personalizado de cada uno de los retocadores es la principal línea de acción, materializado en los Informes de Retocadores TEBA, de Revisión de Aprestos y de Limpieza de Mástico. En los informes se cuantifica el número de defectos no pasar, malos retoques, número de cajas desviadas y firmadas y se genera un ranking por puestos con el objetivo de incentivar la competitividad tanto del trabajador como del Jefe de Unidad.

La incorporación de nuevas pistolas y productos de retoque es otra de las medidas que se están llevando a cabo para la mejora de la calidad del retocador. Incluye el cambio de lijadoras y pulidoras y la incorporación de un limpiacristales que permite revelar aureolas. Facilita su detección especialmente en colores oscuros.

TOP2: Suciedad/ Mal detección. Es el incidente que mayor representatividad tiene en el departamento, para el que se puede introducir como línea de acción el seguimiento individual por retocador al que hacía referencia en los párrafos anteriores. Además, para la reducción de la suciedad y mejora de la detección está prevista la incorporación en terminación de un túnel de detección automática de defectos por coste de un millón de euros, y de un sistema de control y medición automática de partículas y aeraúlica en las cabinas, y por último la sustitución del emú de aprestos que incluye cinco ejes, cuatro más que el actual, para que de esta forma alcance toda la carrocería.

TOP3: Gotas/ hervidos/ picaduras. Las aristas son las zonas más proclives en la generación de gotas, hervidos, picaduras y descolgones y a las que menor detectabilidad ofrece el túnel de detección automática de defectos. De esta forma se persigue la puesta a punto por Mantenimiento de los robots de aplicación de barniz y del metalizado presupuestado en ochenta mil euros.

TOP4: Techo abierto. Además de ser un incidente en sí mismo, es una de las principales razones de entradas de agua o no estanqueidad del habitáculo. Las líneas de acción al respecto son el establecimiento de cámaras testigo para comprender la problemática, y un Plan de Vigilancia reforzado del



modelo BFB que incrementa de uno a cinco el número de vehículos analizados.

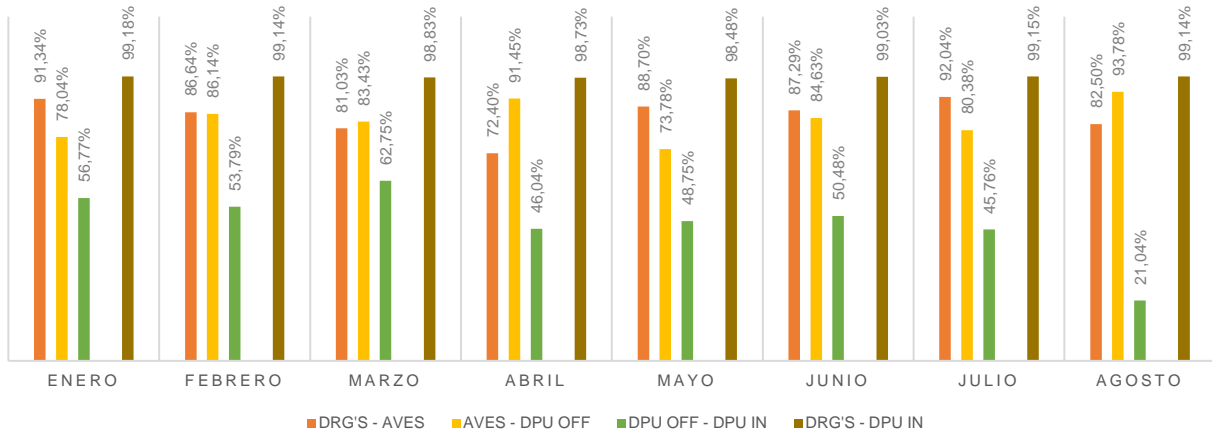
TOP5: Entradas de agua. El seguimiento diario por el Jefe Taller de Másticos es la acción que establece el departamento para solucionar la problemática, mediante la BOS Estanqueidad Animación que incluye la evolución del número de incidentes. Las zonas más críticas son el techo abierto, el goterón del encuadramiento del portón y la falda. Para las dos últimas se está definiendo el modo operatorio óptimo de los puestos del Taller que aplican el mástico en esta zona y la puesta a punto de las células de los robots que aplican el mástico bajo caja.

TOP6: *Stripping*. Las líneas de acción establecidas en este sentido son la modificación del vinilo situado entre la puerta delantera y trasera, reduciendo el tamaño de la pestaña de despegado, y la gestión de un Plan de trabajo del Taller de Soldadura para eliminar las proyecciones que realiza en la parte de la carrocería en la que se sitúa.

TOP7: Mástico mal posicionado. Para la mejora de la aplicación del mástico se realiza un Informe de limpieza de mástico individualizado, al que se hacía referencia en el incidente Mal retoque, TOP1 del Departamento. Además se persigue la mejora de la formación y creación de nuevas FOP o Ficha de Operación y la puesta a punto de los robots que realizan la aplicación automática, cuatro en interiores y dieciséis en la zona bajo caja.

El coste total por defecto del Departamento incluye todos los gastos directos atribuibles (mano de obra y material utilizado en la reparación o sustitución).

Gráfico 6.3.: Tasa media de variación del coste por defecto del Departamento de Pintura.



Fuente: Elaboración propia

La variación en media del coste por defecto originado en el Departamento de Pintura es muy significativa atendiendo a cualquiera de las relaciones estudiadas, siendo la mayor la que deriva de la diferencia entre el coste de la reparación de un defecto al cliente por el concesionario y la reparación en el Departamento de Pintura en el que se origina, en torno al 99%. La reparación de un grano en el concesionario puede requerir el pintado de todo el elemento en el que se encuentra el defecto, sin embargo, en el Departamento de Pintura de la factoría, mucho mejor preparado y con mayor experiencia, se podría solucionar con el lijado y retoque de la zona.

El caso opuesto es el que atiende a la relación entre DPU_OFF y DPU_IN, es decir, el coste de la reparación de un defecto en el Departamento de Montaje y en el Departamento de Pintura.

La evolución de la variación del coste permanece constante a lo largo del periodo estudiado (desde enero a agosto de 2017), excepto en los meses de marzo, abril y agosto, en los que la variación es mayor entre AVES y DPU_OFF que entre DRG_S y AVES.

Capítulo 7. CONCLUSIONES

En el presente capítulo se exponen las conclusiones extraídas de la elaboración del Trabajo. El objetivo principal consistía en estudiar y analizar la línea de imputación de defectos para poder observar su comportamiento y determinar aspectos mejorables para aumentar la eficiencia del proceso.

Mediante el programa *Eviews* se ha realizado la estimación y contrastación de los modelos econométricos seleccionados, el primero temporal del periodo comprendido entre las semanas 35 de 2016 y 35 de 2017 de la factoría de Renault Palencia, y el segundo de corte transversal para 19 factorías del Grupo. De esta forma se pretendía analizar la evolución en la imputación de defectos de la factoría de Palencia y la eficiencia del proceso productivo (cuanto más alejada es la detección del lugar de origen del defecto la reparación es más costosa; 98,96%, tasa media de variación del coste en la relación entre DRG_S y DPU_IN) y la competitividad de la factoría en relación a la marca.

En media, la diferencia de coste entre los indicadores es muy elevada: DRG_S y AVES (fuera de fábrica y justo antes de salir de fábrica) 85,24%, AVES y DPU_OFF (justo antes de salir de fábrica y Montaje, último Departamento del proceso) 83,95%, y DPU_OFF y DPU_IN (Departamentos de Montaje y Pintura) 48,17%.

Gracias al trabajo realizado se han obtenido dos modelos considerados válidos, explican el 38,4102% y el 43,5345%, respectivamente, de la variabilidad de la variable endógena.

En el modelo temporal, en el que se observa multicolinealidad imperfecta entre las variables AVES y DPU_OFF, se introdujo inicialmente la variable ficticia S18 porque, aunque el *Test de Chow* rechaza el contraste sobre el cambio estructural en la semana 18, última del año 2016, el *Test de estabilidad CUSUM* y el gráfico en el que se representan los coeficientes recursivos muestran un salto brusco, el segundo en los coeficientes C(3) y C(4), correspondientes al regresor DPU_IN y al término independiente. Este es el modelo seleccionado debido a que en el mejor modelo de los que incluyen los

factores cualitativos incorporaciones y prolongaciones, las variables que recogen la interacción con las anteriores variables son individualmente no significativas y tres de los cuatro estadísticos de bondad de ajuste empeoran (aumentan *Akaike AIC*, *Schwarz SBIC* y *Hannan*). En el modelo de corte transversal, para el que no se dispone de información sobre el resto de factorías del indicador de defectología DRG_S, se selecciona como regresando AVES, último punto de imputación de defectos dentro de la factoría.

La única variable significativa en cada modelo es DPU_OFF, número de defectos imputados en el Departamento de Montaje, respecto a la variable DRG_S en el modelo temporal y AVES en el modelo de corte transversal, aunque el sentido del coeficiente muestra que cuando aumenta en una unidad el número de defectos imputados en el Departamento de Montaje aumentan en 0,0149 y 0,1963 los indicadores DRG_S y AVES, respectivamente, *ceteris paribus*. El único regresor que influye en la reducción del regresando es AVES respecto a DRG_S, en el primer modelo. Este es el signo que idealmente tendrían que tomar todos los coeficientes de los regresores, para indicar que la línea de imputación es eficiente en la reducción de defectos.

En la línea de imputación de defectología se corrigen los errores cometidos, de manera que finalmente sólo es significativo el indicador que cuantifica el número de defectos imputados en el Departamento de Montaje, el último del proceso productivo. De este Trabajo se deduce que el proceso de fabricación tiene implementados procedimientos eficaces.

Además de comprobar que los indicadores referentes a momentos intermedios del proceso de Pintura no son significativos en los incidentes declarados finalmente por el cliente, lo que, como se ha indicado, es muy positivo, en este Trabajo se ha comprobado que existe una parte del comportamiento de la insatisfacción del cliente que no ha sido explicada por el modelo. Esto hace pensar que habría que investigar otros factores explicativos adicionales, pero, para ello, sería necesario contar con información muestral de esos indicadores, por ejemplo *Overall Opinion*. Esta sería una futura línea de investigación derivada de este Trabajo.



También queda demostrado que este Trabajo permite localizar elementos críticos que ralentizan el proceso productivo y por tanto, incurren en una menor productividad y eficiencia y mayores gastos de operación (coste empleado en la reparación de los defectos).

Finalmente, y haciendo referencia al título y objeto de este Trabajo Fin de Grado, la calidad de la pintura destaca notablemente sobre otros elementos como pudiera ser la calidad del grupomotor, por ser el elemento que percibimos inicialmente. La eficiencia rentabiliza el proceso.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ESPINEL MELGAR, E. (2018): “*FASA, FASA Renault y Renault España. Historia de una empresa, historia de una cultura*”. Edición Universidad de Valladolid.
- [2] Comunicado de Prensa, Grupo Renault (15-01-2018): “*Resultados comerciales Mundo*”.
- [3] CHARRON, E. (1990): “*FASA-Renault. Un caso de internacionalización de la producción automovilística*”. Traducción: Fernández Felipe, L y Robledo, J. L. Política y sociedad (pp. 45-63).
- [4] ZARZOSA ESPINA, P. y CAVERO ÁLVAREZ, J. (2017): “*Material docente de Econometría I. Teoría. Cuarto curso del Grado de FBS*”. Universidad de Valladolid.
- [5] ZARZOSA ESPINA, P. y CAVERO ÁLVAREZ, J. (2017): “*Material docente de Econometría I. Práctica y Problemas. Cuarto curso del Grado de FBS*”. Universidad de Valladolid.
- [6] MATILLA GARCÍA, M., PÉREZ PASCUAL, P. y SANZ CARNERO, B. (2013): “*Econometría y Predicción*”. Ed. McGraw-Hill.
- [7] GUJARATI, D. N. y PORTER, D. C. (2010): “*Econometría*”. 5ª Edición. Ed. McGraw-Hill.
- [8] GUJARATI, D. N. (2006). “*Principios de Econometría*”. 3ª Edición. Ed. McGraw-Hill. Traducción: Moreno López, Y.
- [9] FERNÁNDEZ SÁINZ, A. y otros. (2005) “*Ejercicios de Econometría*”. 2ª Edición. Ed. McGraw-Hill.
- [10] JOHNSTON, J. y DINARDO, J. (2001). “*Métodos de Econometría*”. Ed. Vicens-Vives. Traducción: Murillo Fort, C.
- [11] CARRASCAL ARRANZ, U., GONZÁLEZ GONZÁLEZ, Y. y RODRÍGUEZ PRADO, B (2001) “*Análisis econométrico con Eviews*”. RA-MA Editorial.



- [12] URIEL JIMÉNEZ E. y GEA ROSAT, I. (1997) “*Econometría Aplicada*”. Ed. AC.
- [13] DOSTA PARCERISA, J. y JUTGLAR JUTGLAR, X. (2003) “*Defectos en la aplicación de pinturas en carrocerías*”. Técnica Industrial, COGITI.
- [14] GÓMEZ MORALES, T. y otros. (2003) “*Preparación y embellecimiento de superficies*”. Ed. Paraninfo.
- [15] SANTOS EPÍ, P. (2001). “*Los defectos y daños más comunes en el pintado*”. Centro Zaragoza.
- [16] “*Manual de Defectos de Pintura*” (2014). Lechler.
- [17] “*Guía de Pintado Industrial. Defectos, causas y soluciones*” (2010). Besa (Última revisión 2017).
- [18] Grupo Renault: <https://group.renault.com/> [Última consulta: 10-03-2018]
- [19] Renault España: <https://www.renault.es> [Última consulta: 10-03-2018]
- [20] Wavescan: https://wave-scan_dual.pdf [Última consulta: 10-03-2018]

ANEXO IMÁGENES

Imagen 2.2.1.: Presencia Global del Grupo Renault.



Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

Imagen 2.4.1.: Factoría Renault Palencia.



Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

Imagen 2.5.2.1.: Aplicación manual de mástico.



Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

Imagen 2.5.4.1.: Cabina de bases al agua.



Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

Imagen 2.5.4.2.: Estufa de secado del barniz.



Fuente: Departamento de Comunicación, Renault Palencia.

ANEXO EIEWS

Figura 5.1.9.: Regresión por MCO que incluye la variable ficticia S18 de manera aditiva.

Dependent Variable: DRG_S				
Method: Least Squares				
Date: 05/18/18 Time: 09:01				
Sample: 1 52				
Included observations: 52				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.031831	0.033281	-0.958989	0.3435
DPU_OFF	0.014333	0.004374	3.277144	0.0020
DPU_IN	0.007809	0.007369	1.073312	0.2886
S18	0.425467	0.698739	0.608906	0.5455
C	-1.280103	0.842687	-1.495339	0.1415
R-squared	0.288936	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.228420	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.589420	Akaike info criterion	3.855827	
Sum squared resid	118.7340	Schwarz criterion	4.043446	
Log likelihood	-95.25149	Hannan-Quinn criter.	3.927756	
F-statistic	4.774535	Durbin-Watson stat	1.845751	
Prob(F-statistic)	0.002579			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.10.: Regresión por MCO que incluye la variable ficticia S18 de manera multiplicativa.

Dependent Variable: DRG_S				
Method: Least Squares				
Date: 05/15/18 Time: 13:38				
Sample: 1 52				
Included observations: 52				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.043977	0.031648	-1.389552	0.1712
DPU_OFF	0.013594	0.004164	3.264628	0.0020
DPU_IN	0.009036	0.006070	1.488651	0.1433
DPU_IN*S18	0.020529	0.010507	1.953843	0.0567
C	-1.180945	0.799073	-1.477894	0.1461
R-squared	0.337165	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.280753	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.534572	Akaike info criterion	3.785581	
Sum squared resid	110.6808	Schwarz criterion	3.973211	
Log likelihood	-93.42537	Hannan-Quinn criter.	3.857520	
F-statistic	5.976874	Durbin-Watson stat	1.892515	
Prob(F-statistic)	0.000567			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.1.12.: Regresiones por MCO en el proceso de selección del modelo que incluyen las variables ficticias de manera aditiva, multiplicativa o ambas.

Dependent Variable: DRG_S				
Method: Least Squares				
Date: 05/18/18 Time: 09:05				
Sample: 1 52				
Included observations: 52				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.033448	0.033010	-1.013269	0.3165
DPU_OFF	0.015225	0.004470	3.406281	0.0014
DPU_IN	0.000769	0.007598	0.101190	0.9199
DPU_IN*S18	0.048930	0.019195	2.549076	0.0144
S18	-2.204823	1.223445	-1.802143	0.0784
INCORPORACIONES	-0.471966	0.586405	-0.804846	0.4252
PROLONGACIONES	-0.102839	0.547279	-0.187545	0.8521
C	-0.324020	0.967444	-0.334923	0.7393
R-squared	0.393581	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.297105	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.517027	Akaike info criterion	3.812020	
Sum squared resid	101.2603	Schwarz criterion	4.112212	
Log likelihood	-91.11253	Hannan-Quinn criter.	3.927107	
F-statistic	4.079583	Durbin-Watson stat	2.012393	
Prob(F-statistic)	0.001582			



Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:06
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.032157	0.032842	-0.979158	0.3327
DPU_OFF	0.015260	0.004452	3.427602	0.0013
DPU_IN	0.000591	0.007565	0.078095	0.9381
DPU_IN*S18	0.049032	0.019119	2.564542	0.0137
S18	-2.266539	1.216252	-1.863544	0.0689
PROLONGACIONES	-0.109456	0.545068	-0.200811	0.8418
C	-0.714300	0.833859	-0.856620	0.3962
R-squared	0.384653	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.302807	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.511078	Akaike info criterion	3.768174	
Sum squared resid	102.7511	Schwarz criterion	4.050841	
Log likelihood	-91.49252	Hannan-Quinn criter.	3.888874	
F-statistic	4.688246	Durbin-Watson stat	1.992190	
Prob(F-statistic)	0.000878			

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:05
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.035115	0.031447	-1.116640	0.2701
DPU_OFF	0.014928	0.004136	3.609532	0.0008
DPU_IN	0.000677	0.007501	0.090230	0.9285
DPU_IN*S18	0.049547	0.018707	2.648523	0.0111
S18	-2.180370	1.203366	-1.811892	0.0767
INCORPORACIONES	-0.473668	0.580016	-0.816647	0.4184
C	-0.305945	0.952256	-0.321285	0.7495
R-squared	0.393096	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.312176	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.500676	Akaike info criterion	3.774358	
Sum squared resid	101.3413	Schwarz criterion	4.037025	
Log likelihood	-91.13331	Hannan-Quinn criter.	3.875058	
F-statistic	4.857305	Durbin-Watson stat	2.008290	
Prob(F-statistic)	0.000869			

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:07
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.034286	0.032143	-1.067051	0.2918
DPU_OFF	0.017698	0.003501	3.217085	0.0024
DPU_OFF*PROLONGACIONES	-0.000562	0.002393	-0.234941	0.8153
DPU_OFF*INCORPORACION	-0.002440	0.002619	-0.931602	0.3568
DPU_IN	0.000371	0.007559	0.049089	0.9611
DPU_IN*S18	0.049096	0.019036	2.579078	0.0133
S18	-2.222542	1.221189	-1.819981	0.0756
C	-0.744201	0.872768	-0.852691	0.3984
R-squared	0.397171	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.301266	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.512530	Akaike info criterion	3.806083	
Sum squared resid	100.8609	Schwarz criterion	4.106274	
Log likelihood	-90.95816	Hannan-Quinn criter.	3.821169	
F-statistic	4.141308	Durbin-Watson stat	2.023007	
Prob(F-statistic)	0.001416			

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:08
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.038892	0.032035	-1.151623	0.2557
DPU_OFF	0.014300	0.004243	3.370023	0.0016
DPU_IN	0.008657	0.012176	0.710995	0.4808
DPU_IN*PROLONGACION	0.001425	0.006804	0.209448	0.8351
DPU_IN*INCORPORACION	-0.009881	0.007099	-1.391855	0.1710
DPU_IN*S18	0.051573	0.019872	2.595223	0.0128
S18	-2.160161	1.209609	-1.785391	0.0811
C	-0.630196	0.911282	-0.691549	0.4929
R-squared	0.411390	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.317748	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.494585	Akaike info criterion	3.782213	
Sum squared resid	98.28652	Schwarz criterion	4.082404	
Log likelihood	-90.33753	Hannan-Quinn criter.	3.897299	
F-statistic	4.393201	Durbin-Watson stat	2.048475	
Prob(F-statistic)	0.000806			



Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:10
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.029388	0.032331	-0.785229	0.4367
DPU_OFF	0.015157	0.004232	3.581561	0.0009
DPU_IN	0.005273	0.012794	0.412143	0.6823
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.033969	0.007054	4.762675	0.5769
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.010770	0.007336	-1.459331	0.1522
DPU_IN*S18	0.033053	0.031411	1.052283	0.2687
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.026769	0.016819	-1.591589	0.1190
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	0.022879	0.024485	0.934383	0.3554
S18	-1.911384	1.203379	-1.588356	0.1187
C	-0.721544	0.801792	-0.899122	0.4261

R-squared 0.452436 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.335101 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.475455 Akaike info criterion 3.786851
Sum squared resid 91.43286 Schwarz criterion 4.162091
Log likelihood -88.45814 Hannan-Quinn criter. 3.330709
F-statistic 3.855929 Durbin-Watson stat 2.115384
Prob(F-statistic) 0.001269

Dependent Variable: ORG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:16
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.027147	0.032820	-0.827151	0.4133
DPU_OFF	0.015395	0.004849	3.236747	0.0021
DPU_IN	0.010871	0.028177	0.382648	0.6992
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.023768	0.019323	1.205150	0.2366
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.032052	0.025658	-1.288207	0.2055
DPU_IN*S18	0.135475	0.138168	0.973465	0.3365
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.101806	0.052450	-1.941007	0.0507
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.055025	0.140347	-0.392061	0.6972
S18	-6.081341	6.956530	-0.868765	0.3290
S18*PROLONGACIONES	4.815737	2.879344	1.672512	0.1028
S18*INCORPORACIONES	2.852917	7.037205	0.405405	0.6875
PROLONGACIONES	-1.918200	1.792168	-1.070323	0.2912
INCORPORACIONES	2.189280	2.344407	0.938097	0.3541
C	-1.538764	2.167424	-0.703459	0.4861

R-squared 0.500315 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.320370 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.481800 Akaike info criterion 3.849196
Sum squared resid 93.43776 Schwarz criterion 4.374531
Log likelihood -95.07309 Hannan-Quinn criter. 4.050597
F-statistic 2.926764 Durbin-Watson stat 2.229299
Prob(F-statistic) 0.004950

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:23
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.029664	0.032787	-0.904493	0.3713
DPU_OFF	0.013915	0.004451	3.126536	0.0033
DPU_IN	0.021563	0.026431	0.815908	0.4198
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.004085	0.007140	0.572185	0.5705
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.027718	0.025216	-1.096241	0.2784
DPU_IN*S18	0.146788	0.138025	1.055819	0.2975
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.079192	0.048096	-1.646545	0.1077
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.081802	0.138391	-0.589948	0.5588
S18	-6.963631	6.972083	-0.998788	0.3241
S18*PROLONGACIONES	2.972008	2.311532	1.285731	0.2061
S18*INCORPORACIONES	4.429987	6.884051	0.642583	0.5243
INCORPORACIONES	1.592180	2.278998	0.698832	0.4889
C	-1.958922	2.155925	-0.908623	0.3691

R-squared 0.485251 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.326867 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.484593 Akaike info criterion 3.840438
Sum squared resid 85.95317 Schwarz criterion 4.328247
Log likelihood -85.85134 Hannan-Quinn criter. 4.027451
F-statistic 3.063758 Durbin-Watson stat 2.102644
Prob(F-statistic) 0.004010

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:24
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.024572	0.032655	-0.752478	0.4563
DPU_OFF	0.015189	0.004837	3.146934	0.0018
DPU_IN	0.007755	0.018956	0.303571	0.7683
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.020116	0.019303	1.042124	0.3038
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.010030	0.007472	-1.342251	0.1873
DPU_IN*S18	0.150631	0.138015	1.091411	0.2818
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.098966	0.052263	-1.887900	0.0665
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.074712	0.136556	-0.539216	0.5928
S18	-8.489014	6.732131	-1.262455	0.2143
S18*PROLONGACIONES	4.387634	2.838574	1.545718	0.1302
S18*INCORPORACIONES	4.811244	6.879108	0.725645	0.4683
PROLONGACIONES	-1.511439	1.736247	-0.870521	0.3893
C	0.143492	1.250680	0.114731	0.9082

R-squared 0.468743 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.331433 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.478919 Akaike info criterion 3.833829
Sum squared resid 85.37008 Schwarz criterion 4.321440
Log likelihood -86.67435 Hannan-Quinn criter. 4.026644
F-statistic 3.106883 Durbin-Watson stat 2.169348
Prob(F-statistic) 0.003625



Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:25
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.027147	0.032820	-0.827151	0.4133
DPU_OFF	0.015995	0.004849	3.298747	0.0021
DPU_IN	0.010871	0.028177	0.389348	0.6995
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.023786	0.019723	1.205153	0.2358
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.039502	0.029958	-1.298207	0.2055
DPU_IN*S18	0.135475	0.139168	0.973465	0.3365
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.101806	0.052450	-1.941007	0.0597
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.059025	0.140347	-0.392081	0.6972
S18	-6.881341	6.895830	-0.998765	0.3290
S18*PROLONGACIONES	4.815737	2.879344	1.672512	0.1028
S18*INCORPORACIONES	2.852917	7.037205	0.405405	0.6875
INCORPORACIONES	2.198280	2.344407	0.938097	0.3541
PROLONGACIONES	-1.818200	1.792188	-1.070323	0.2912
C	-1.538764	2.187424	-0.703459	0.4861

R-squared 0.500315 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.329370 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.481800 Akaike info criterion 3.849196
Sum squared resid 83.43776 Schwarz criterion 4.374531
Log likelihood -86.07909 Hannan-Quinn criter. 4.050597
F-statistic 2.928764 Durbin-Watson stat 2.229289
Prob(F-statistic) 0.004950

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:21
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.033000	0.034833	-0.947383	0.3494
DPU_OFF	0.015477	0.016494	0.938326	0.3540
DPU_OFF*PROLONGACIONES	-0.004319	0.003990	-0.480614	0.6335
DPU_OFF*INCORPORACIONES	0.002728	0.014887	0.185655	0.8537
DPU_IN	0.003980	0.038537	0.103530	0.9181
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.013064	0.018193	0.690689	0.5002
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.017004	0.032951	-0.516048	0.6088
DPU_IN*S18	0.156291	0.145200	1.078384	0.2885
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.088830	0.059405	-1.722448	0.0931
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.084975	0.146874	-0.579345	0.5688
S18	-8.351176	6.938665	-1.203398	0.2383
S18*PROLONGACIONES	3.800184	3.068232	1.287478	0.2127
S18*INCORPORACIONES	5.117865	6.848880	0.747227	0.4585
C	-0.511781	0.981070	-0.521835	0.6050

R-squared 0.482701 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.305731 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.507890 Akaike info criterion 3.863839
Sum squared resid 88.37892 Schwarz criterion 4.409173
Log likelihood -86.97990 Hannan-Quinn criter. 4.085240
F-statistic 2.727580 Durbin-Watson stat 2.082828
Prob(F-statistic) 0.008034

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:22
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	0.202420	0.185721	1.089915	0.2826
AVES*PROLONGACIONES	-0.024767	0.022039	-0.395397	0.6946
AVES*INCORPORACIONES	-0.224860	0.179781	-1.249413	0.2193
DPU_OFF	0.013281	0.004480	2.984238	0.0052
DPU_IN	-0.030319	0.031343	-0.987328	0.3395
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.007986	0.010891	0.730225	0.4881
DPU_IN*INCORPORACIONES	0.021119	0.026898	0.791037	0.4338
DPU_IN*S18	0.189290	0.140853	1.315480	0.1892
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.078388	0.049034	-1.832132	0.1109
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.117473	0.140125	-0.838344	0.4071
S18	-14.659113	8.498816	-1.725250	0.0926
S18*PROLONGACIONES	3.443220	2.588116	1.341802	0.1876
S18*INCORPORACIONES	11.83198	8.235748	1.427992	0.1615
C	-0.046370	1.059489	-0.043786	0.9857

R-squared 0.499008 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.328422 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.482847 Akaike info criterion 3.850609
Sum squared resid 83.55379 Schwarz criterion 4.375044
Log likelihood -86.11384 Hannan-Quinn criter. 4.052010
F-statistic 2.918301 Durbin-Watson stat 2.175081
Prob(F-statistic) 0.005050

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 09:12
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.027274	0.032408	-0.841585	0.4050
DPU_OFF	0.014403	0.004987	2.890887	0.0029
DPU_IN	0.005438	0.012798	0.424943	0.6732
DPU_IN*PROLONGACIONES	0.004488	0.007071	0.634688	0.5292
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.010884	0.007385	-1.473864	0.1483
DPU_IN*S18	0.156595	0.137427	1.136484	0.2613
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.000468	0.047753	-1.883042	0.0686
DPU_IN*S18*INCORPORACIONES	-0.092407	0.138641	-0.670276	0.5028
S18	-8.194150	6.702631	-1.222527	0.2287
S18*PROLONGACIONES	2.943453	2.286334	1.281806	0.2073
S18*INCORPORACIONES	5.755821	6.585242	0.874016	0.3873
C	-0.598811	0.914279	-0.652786	0.5178

R-squared 0.478809 Mean dependent var 2.019231
Adjusted R-squared 0.335481 S.D. dependent var 1.809456
S.E. of regression 1.475033 Akaike info criterion 3.844412
Sum squared resid 87.02898 Schwarz criterion 4.264699
Log likelihood -87.17471 Hannan-Quinn criter. 3.987041
F-statistic 3.340953 Durbin-Watson stat 2.082636
Prob(F-statistic) 0.002488

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 14:03
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.023827	0.031717	-0.751259	0.4568
DPU_OFF	0.014914	0.004261	3.500154	0.0011
DPU_IN	0.010295	0.010174	1.011822	0.3178
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.011479	0.007272	-1.577965	0.1223
DPU_IN*S18	0.144511	0.135108	1.066908	0.2911
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.076965	0.047090	-1.634834	0.1097
DPU_IN*S18*INCORPORACION	-0.084962	0.135141	-0.628696	0.5330
S18	-7.807706	6.826132	-1.178320	0.2455
S18*PROLONGACIONES	2.907767	2.278888	1.275971	0.2091
S18*INCORPORACIONES	5.456367	6.520335	0.836626	0.4075
C	-0.836440	0.825173	-1.016076	0.3158
R-squared	0.473560	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.345160	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.484252	Akaike info criterion	3.785971	
Sum squared resid	87.90535	Schwarz criterion	4.198734	
Log likelihood	-87.43524	Hannan-Quinn criter.	3.944215	
F-statistic	3.668162	Durbin-Watson stat	2.070846	
Prob(F-statistic)	0.001404			

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 13:59
Sample: 1 52
Included observations: 52

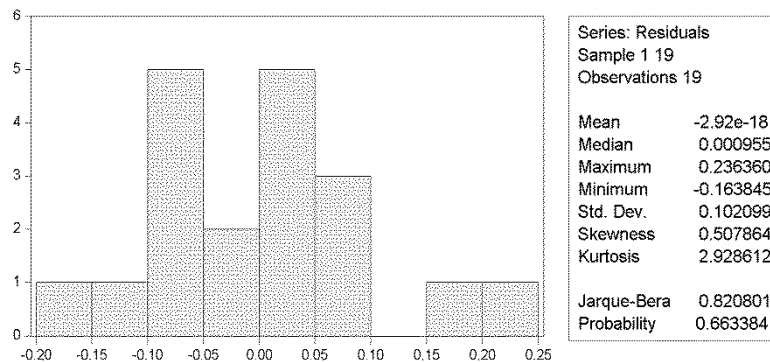
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.024426	0.032340	-0.755280	0.4543
DPU_OFF	0.014334	0.004330	3.310507	0.0019
DPU_IN	0.010840	0.010369	1.045397	0.3018
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.011617	0.007415	-1.588880	0.1247
DPU_IN*S18	0.119434	0.136852	0.869943	0.3893
DPU_IN*S18*INCORPORACION	-0.071735	0.137359	-0.521485	0.6048
S18	-6.281963	6.690265	-0.940376	0.3524
S18*PROLONGACIONES	-0.969172	0.834688	-1.161898	0.2500
S18*INCORPORACIONES	4.576489	6.626215	0.690696	0.4936
C	-0.760888	0.840052	-0.905763	0.3702
R-squared	0.439043	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.319081	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.493124	Akaike info criterion	3.810660	
Sum squared resid	93.63967	Schwarz criterion	4.185899	
Log likelihood	-89.07716	Hannan-Quinn criter.	3.954518	
F-statistic	3.655414	Durbin-Watson stat	2.026743	
Prob(F-statistic)	0.001907			

Dependent Variable: DRG_S
Method: Least Squares
Date: 05/18/18 Time: 14:01
Sample: 1 52
Included observations: 52

Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
AVES	-0.021407	0.031896	-0.671159	0.5058
DPU_OFF	0.014975	0.004292	3.488837	0.0012
DPU_IN	0.010322	0.010248	0.977965	0.3337
DPU_IN*INCORPORACIONES	-0.011422	0.007329	-1.556088	0.1266
DPU_IN*S18	0.101925	0.131895	0.772779	0.4440
DPU_IN*S18*PROLONGACIONES	-0.020909	0.017040	-1.227016	0.2267
DPU_IN*S18*INCORPORACION	-0.051787	0.133605	-0.387615	0.7003
S18	-5.477174	6.416877	-0.853559	0.3982
S18*INCORPORACIONES	3.798202	6.422425	0.577559	0.5667
C	-0.858371	0.831171	-1.032725	0.3076
R-squared	0.452855	Mean dependent var	2.019231	
Adjusted R-squared	0.335367	S.D. dependent var	1.809456	
S.E. of regression	1.475160	Akaike info criterion	3.786451	
Sum squared resid	91.39906	Schwarz criterion	4.181890	
Log likelihood	-88.44773	Hannan-Quinn criter.	3.930309	
F-statistic	3.859342	Durbin-Watson stat	2.065720	
Prob(F-statistic)	0.001260			

Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.3.: Representación y estadísticos del Test de Normalidad de Jarque-Bera.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5.2.4.: Test de Ramsey Reset sobre la forma funcional.

Ramsey RESET Test				
Equation: UNTITLED				
Specification: AVES DPU_OFF DPU_IN NO_PAD C				
Omitted Variables: Squares of fitted values				
	Value	df	Probability	
t-statistic	1.592218	14	0.1337	
F-statistic	2.535158	(1, 14)	0.1337	
Likelihood ratio	3.162200	1	0.0754	
F-test summary:				
	Sum of Sq.	df	Mean Squares	
Test SSR	0.028768	1	0.028768	
Restricted SSR	0.187637	15	0.012509	
Unrestricted SSR	0.158869	14	0.011348	
LR test summary:				
	Value	df		
Restricted LogL	16.90817	15		
Unrestricted LogL	18.48927	14		
Unrestricted Test Equation:				
Dependent Variable: AVES				
Method: Least Squares				
Date: 04/25/18 Time: 13:50				
Sample: 1 19				
Included observations: 19				
Variable	Coefficient	Std. Error	t-Statistic	Prob.
DPU_OFF	0.802732	0.389467	2.061102	0.0584
DPU_IN	0.028821	0.019008	1.516199	0.1517
NO_PAD	0.034372	0.016741	2.053204	0.0592
C	-0.148605	0.148932	-0.997802	0.3353
FITTED^2	-5.249763	3.297138	-1.592218	0.1337
R-squared	0.522171	Mean dependent var	0.236421	
Adjusted R-squared	0.385649	S.D. dependent var	0.135909	
S.E. of regression	0.106526	Akaike info criterion	-1.419923	
Sum squared resid	0.158869	Schwarz criterion	-1.171387	
Log likelihood	18.48927	Hannan-Quinn criter.	-1.377861	
F-statistic	3.824803	Durbin-Watson stat	1.903818	
Prob(F-statistic)	0.026475			

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO TABLAS

Tabla 2.2.1.: Total ventas del Grupo VP+VU (turismos y vehículos industriales) por región.

	2017	2016	% Variación
Francia	673.852	651.780	3,4%
UE (excepto Francia), Islandia, Noruega y Suiza	1.237.317	1.158.171	6,8%
Total Francia + Europa	1.911.169	1.809.951	5,6%
África – Oriente Medio – India	532.391	491.301	8,4%
Eurasia	732.786	645.278	13,6%
América	389.419	354.241	9,9%
Asia-Pacífico	195.869	167.403	17,0%
Total excepto Francia + Europa	1.850.465	1.658.223	11,6%
Mundo	3.761.634	3.468.174	8,5%

Fuente: Comunicado de Prensa Grupo Renault 15 de enero de 2018.