

UNIVERSIDAD DE NAVARRA
ESCUELA SUPERIOR DE INGENIEROS INDUSTRIALES
SAN SEBASTIÁN



tecnun
Universidad
de Navarra

Propuesta de adaptación del sistema de producción de serie a régimen a la fase de escalada de producción de un nuevo modelo en el sector de la automoción:

DISERTACIÓN

Presentado para el grado de doctor en Ingeniería

Ramón Bultó López

Bajo la supervisión de

Dr. Elisabeth Viles Díez y

Dr. Ricardo Mateo Dueñas

Donostia-San Sebastián, Febrero 2021

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, quisiera agradecer al Dr. Ricardo Mateo responsable de que me embarcara en la aventura de realizar un doctorado por su apoyo y dirección durante estos años.

Agradezco también al Dr. Daniel Jurburg por su importante aportación en las publicaciones realizadas y a Esteban Solá pieza clave a la hora de hacer la simulación parte de esta tesis.

Quisiera reconocer a la Universidad de Navarra donde he cursado mis estudios de ingeniería, master en investigación y, por último, este doctorado, más que como una universidad que imparte materias, como una universidad que forma personas.

Agradezco a mi mujer Lucía en la cual me he podido apoyar durante todo el proceso que ha llevado consigo este doctorado y de la que solo he escuchado palabras de aliento y motivantes.

Por último, quisiera agradecer a la Dra. Elizabeth Viles su comprensión y apoyo durante estos años, así como las lecciones por ella impartidas, lecciones técnicas, de organización y las más importantes, lecciones de superación.

TABLA DE CONTENIDOS



AGRADECIMIENTOS.....	iii
TABLA DE CONTENIDOS	v
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	11
1.1 Visión General.....	11
1.2 Descripción del problema.....	12
1.3 Objetivos de la investigación	13
1.4 Alcance y limitaciones de la investigación.....	13
1.5 Estrategia de investigación.....	14
1.6 Organización de la tesis	17
ESTADO DEL ARTE.....	19
2.1 Introducción.....	19
2.2 Problema de los Lanzamientos.....	19
2.2.1 Definiciones.....	20
2.2.2 Enfoques del problema de los lanzamientos	22
2.3 Sistema de Producción.....	26
2.4 Conclusiones	28
OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN	31
3.1 Objetivo General y subobjetivos.....	31
3.2 Preguntas de la investigación.....	31
PARADIGMA Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	33
4.1 Paradigma de la investigación.....	33

Tabla de contenidos

4.2	Metodologías o técnicas utilizadas	35
4.2.1	Caso de Estudio	35
4.2.2	Action research.....	42
4.2.3	Simulación	43
4.3	Conclusiones	45
PROPUESTA DE ANÁLISIS DEL PROBLEMA: ENFOQUE SISTÉMICO.....		47
5.1	Introducción	47
5.2	Sistema productivo en el sector de la automoción.....	49
5.2.1	Sistema de producción Europeo: Desarrollo y principios	50
5.2.2	Sistemas de Producción y ciclos de vida del producto	53
5.3	Evidencias de desalineaciones con el sistema productivo en su conjunto en las fases de lanzamiento.....	55
5.3.1	Cumplimiento de la producción.....	56
5.3.2	Calidad	59
5.3.3	Coches buenos a la primera	60
5.4	Los siete principios del EPS y como difieren entre la fase de escalada y la de producción de serie a régimen	62
5.4.1	Crear un flujo continuo.....	62
5.4.2	Usar sistemas “PULL”	63
5.4.3	Balanceo de cargas de trabajo.....	64
5.4.4	Crear cultura de parar para resolver los problemas	65
5.4.5	Usar tareas estandarizadas como base de la mejora continua	65
5.4.6	Usar controles visuales	66
5.4.7	Utilice tecnología confiable y probada a fondo	66
5.5	Nuevas situaciones en la fase de escalada que difieren de la fase de producción en serie.....	69
5.5.1	Personas	69
5.5.2	Materiales	72
5.5.3	Equipamientos e instalaciones.....	73

5.5.4	Procesos.....	74
5.6	Problemas y nuevas situaciones que aparecen con la escalada de producción y su conexión con los siete principios del EPS	76
5.7	Propuestas de mejora para abordar este problema desde este enfoque.....	79
	ORGANIZACIÓN DE EQUIPOS DE MEJORA CONTINUA	83
6.1	Introducción	83
6.2	Análisis de la situación actual.....	85
6.3	Nueva Propuesta para la gestión de la mejora en la fase de lanzamiento... ..	89
6.3.1	Diseño de la encuesta	89
6.3.2	Desarrollo del instrumento de la encuesta	90
6.3.3	Ejecución de la encuesta.....	90
6.3.4	Recogida de datos y análisis	91
6.4	Desarrollo de un nuevo modelo organizativo para la gestión de la mejora continua durante la fase de lanzamiento.....	92
6.4.1	Clasificación de problemas	92
6.4.2	Definición de los equipos de mejora continua	93
6.4.3	Asignación de los problemas	96
6.4.4	Seguimiento de los problemas.....	96
6.4.5	Mecanismos de escalación	100
6.4.6	Puesta en marcha del sistema de mejora continua de lanzamiento ...	101
6.5	Resultado del funcionamiento del nuevo modelo y propuesta de mejora.....	101
6.5.1	Comparativa respecto a la resolución de problemas.....	101
6.5.2	Comparativa de resultados frente a objetivos de dos lanzamientos..	105
6.6	Conclusiones	114
	ANÁLISIS Y ADAPTACIÓN DE ALMACENES INTERMEDIOS.....	117
7.1	Introducción.....	117
7.2	Análisis de la situación actual.....	118

Tabla de contenidos

7.3	Propuesta de gestión de almacenes intermedios en la fase de escalada.....	121
7.4	Desarrollo de un modelo de simulación para demostrar que los stocks previstos no cumplen con la producción planificada.....	122
7.4.1	Lógica del modelo	123
7.4.2	Cálculo inicial de los almacenes intermedios	124
7.4.3	Comprobación del modelo.....	125
7.4.4	Comprobación de la hipótesis.....	126
7.5	Resultado de la simulación y propuesta de mejora.....	127
7.6	Conclusión.....	131
	CONCLUSIONES FINALES DE LA TESIS Y POSIBLES LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN.....	133
	REFERENCIAS.....	139
	ANEXO – PUBLICACIONES.....	153

RESUMEN



La industrialización de la producción de un nuevo modelo en el sector de la automoción es un proceso que conlleva grandes inversiones en medios productivos, los cuales deben de estar preparados para producir en el momento del inicio de la fabricación en serie del mencionado nuevo modelo (SOP Start of production). A partir de este momento el alcanzar la producción de régimen según la curva planificada (curva de escalada) es el objetivo principal de toda la organización. A lo largo de la historia se repiten lanzamientos que no consiguen alcanzar los objetivos de volumen de producción, plazos de entrega, calidad del producto y en definitiva los costes planificados. Este suceso ha sido ampliamente estudiado, pero es en los últimos 10 años cuando más interés ha suscitado impulsado por la reducción de los ciclos de vida de los productos y en consecuencia el creciente aumento de los lanzamientos de nuevos modelos.

A través de metodologías cuantitativas y cualitativas, esta tesis contribuye a paliar este problema presentando dos propuestas complementarias. La primera de ellas ha resultado de la aplicación de la metodología “Action Research” realizada en una importante empresa fabricante de automóviles de la que se concluyó la necesidad de la creación y organización de equipos de mejora específicos para el lanzamiento. Al comparar las condiciones de contorno de la fábrica durante las fases de escalada y serie se aprecian diferencias importantes tanto en material en flujo (WIP) como en la frecuencia y gravedad de los problemas aparecidos diariamente de tal forma que finalmente esta tesis reconoce a la época de escalada como un estadio diferenciado del ciclo de vida del modelo debiendo ser aplicado un sistema de producción (PS) diferenciado al habitual de la producción en serie. El hecho de que el estudio “Action Research”

ha sido realizado en una única fábrica de un solo modelo, limita los resultados a esa tipología de fábrica, no por ello dejando de ser interesantes.

La segunda propuesta está relacionada con la posibilidad de definir unos almacenes intermedios óptimos para la época de la escalada diferentes a los establecidos para la producción a régimen. En este segundo caso la metodología elegida ha sido la simulación discreta.

A pesar de las limitaciones del estudio, los resultados presentados serán de gran interés tanto para profesionales del sector de la automoción y de otros sectores que tengan que incrementar los lanzamientos de nuevos productos, así como para académicos. Desde el punto de vista académico la tesis trata el problema de lanzamientos de nuevos modelos analizando de una forma global la aplicación del sistema de producción como posible causa de la aparición de los problemas durante esta fase. Desde el punto de vista práctico, el contenido de esta tesis puede ayudar a entender algunos de los factores que explican por qué los objetivos de calidad y producción no son obtenidos durante esta fase.

En resumen, esta tesis presenta un enfoque innovador para entender y manejar la problemática de los lanzamientos de los nuevos modelos bajo el prisma de la aplicación del sistema de producción (PS). Dado que los resultados de la tesis están contrastados en una fábrica de un solo modelo queda abierta la investigación futura en el caso de fábricas de más de un modelo.

INTRODUCCIÓN



1.1 VISIÓN GENERAL

Si bien, lanzamientos de nuevos modelos en el sector de la automoción se llevan haciendo durante los últimos 120 años, es a partir de los años 90 con el impulso de la globalización, cuando comenzaron a dejar de ser un hecho puntual que ocurría cada 20 años (Ford T: 20 años; VW escarabajo: 36 años; Renault 6: 18 años) para convertirse en la actualidad en una actividad más del día a día de una fábrica de producción. El estudio realizado por Bullinger entre los años 1983 a 1993, ya revela esta reducción de ciclos de vida de los modelos siendo en caso de la automoción un 12,5% y la industria electrónica la más afectada con un acortamiento del ciclo de vida de los productos de un 46% (Bullinger, Fremerey, and Fuhrberg-Baumann 1995). Es por ello que las repercusiones de los efectos de un lanzamiento adquieren un peso específico mayor a lo largo del ciclo de vida de los modelos (Carrillo and Franza 2006).

Los costes generados en concepto de pérdida de productividad asociados a un lanzamiento oscilan entre 42 y 53 millones de Dólares (Ball et al. 2011) si además de ello tenemos en cuenta que a pesar de los esfuerzos empleados, según un estudio internacional, un 60% de los lanzamientos industriales en Europa fracasaron desde el punto de vista técnico o de costes en el año 2004 (Fitzek 2005) nos podemos hacer idea de la importancia del tema en cuestión.

Como se verá más adelante hay un sin fin de estudios que tratan el problema en cuestión abordándolo desde puntos de vista dispares como son: Planificación, gestión del lanzamiento, desarrollo, entrenamiento, calidad, logística, resolución de problemas etc.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

A pesar de que el proceso de industrialización de un nuevo modelo ha sido muy estudiado a lo largo de los años, nos encontramos hoy con que siguen produciéndose lanzamientos que no cumplen los objetivos marcados previamente y que son de vital importancia para que el producto sea un éxito en el mercado. De todos es conocido el reciente ejemplo de Tesla con sus retrasos en las entregas de su modelo 3, pero esto solo es la punta del Iceberg de lo que está ocurriendo: Mercedes EQC, Volkswagen Golf 8 etc.

En el momento del SOP deben de estar preparados el personal, las piezas, los procedimientos y las instalaciones para poder comenzar la curva de escalada cualquier fallo en cualquiera de estos factores produce distorsiones en la producción. Por ello las causas posibles de fracaso en un lanzamiento son múltiples y al final suelen ser la conjunción de muchas o incluso todas las posibles. Las repercusiones de los posibles fallos en la consecución de los objetivos marcados para la escalada de producción dependerán directamente del tiempo en que dichos fallos son reestablecidos. La pregunta que nos hacemos es: ¿Cómo es posible que el sector de la automoción que está tan avanzado en técnicas de organización de la producción no sea capaz de cumplir los objetivos de producción calidad y costes durante la fase de escalada? La revisión de la bibliografía nos proporciona varias respuestas. Carrillo relaciona los fallos durante los lanzamientos a las inversiones en producto, procesos, formación del personal realizadas en fases previas a la escalada (Carrillo and Franza 2006). Otra explicación es relativa a la frecuencia con la que ocurren los lanzamientos, en las organizaciones en que los lanzamientos son infrecuentes, los directivos no están preparados para afrontar los lanzamientos y los resultados obtenidos son peores que en fábricas acostumbradas a los mismos (H. Winkler and Slamanig 2011). Gopal concluye algo similar demostrando que fábricas que realizan lanzamientos cada dos años obtienen los mejores resultados (Gopal, Goyal, and Netessine 2013). Schuh resalta la importancia de un sistema de producción robusto en la fase de escalada (G. Schuh, Desoi, and Tucks 2005). Más aún estos autores sugieren la necesidad de un PS flexible y escalable durante dicha fase.

En consecuencia, parece importante entender cómo afrontar una fase de escalada llena de incidencias para obtener el cumplimiento de los objetivos del lanzamiento.

1.3 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

Si bien encontramos una extensa bibliografía que trata de analizar los factores influyentes en la consecución de los objetivos durante un lanzamiento, son muy escasos sin embargo los estudios que tratan la fase de la escalada de producción como una parte del ciclo de vida de un producto (Bultó, Viles, and Mateo 2018). Esta fase de escalada está rodeada de unas condiciones de contorno completamente diferentes al resto del ciclo de vida del producto. Teniendo esto en cuenta, resulta lógico pensar que, si las condiciones de contorno son tan diferentes en una y otra fase, la forma de actuar por parte de la organización deberá también ser diferente. También pudiera ocurrir que las leyes básicas de funcionamiento durante la producción en serie a régimen quizás no sean válidas para la fase de escalada.

Consecuentemente, esta tesis estudia si las diferencias existentes en ambas fases (de escalada y de producción a régimen) son suficientes para poner en cuestión la aplicación del mismo sistema de producción PS en ambas fases.

Para hacer este estudio, se toman como base los siete principios del PS Toyota. Estos se analizarán uno a uno, valorando la idoneidad de su aplicación durante la fase de escalada. Finalmente se proponen modificaciones a los principios de dicho PS a ser aplicadas únicamente durante la fase de la escalada.

1.4 ALCANCE Y LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

El sistema de producción de Toyota (TPS) se basa en 7 principios (Bergenwall, Chen, and White 2012) los cuales en Europa han servido de base para la generación de un propio sistema de producción europeo (EPS) en el cual

la aplicación de dichos principios se desvía ligeramente del espíritu original del TPS. El alcance de esta tesis queda circunscrito a la aplicación de los siete principios en la industria automotriz de Europa durante la fase de producción en serie a régimen. La caracterización de la aplicación de los principios TPS en Europa está respaldada por estudios anteriores ya publicados (Jürgens 2003; Hudson 2002; Sako 2003; Rössler 2014; Coffey and Thornley 2006).

El caso de estudio que se desarrolla en esta tesis está realizado en una única planta de producción de automóviles (y no en varias), este hecho, que es una limitación, no lo podemos considerar como una gran limitación por tres razones. La primera de ellas es la larga colaboración entre el investigador y la fábrica de producción donde ha vivido más de 11 lanzamientos entre rediseños y nuevos modelos propiciando un profundo entendimiento del tema del estudio (R.K. Yin 2011; Al Qur'an 2010). La segunda es que esta cercanía con la empresa estudiada ha permitido tener acceso a infinidad de datos necesarios para la investigación que son de difícil acceso. Por último, la planta objeto del estudio se considera como representativa en el conjunto de fábricas de Europa ya que forma parte de una multinacional con 15 fábricas en Europa que desarrollan un mismo sistema de producción. En Europa operan 10 multinacionales con aproximadamente 70 fábricas. El grupo al cual pertenece la fábrica estudiada lidera la industria automotriz de Europa. Yin considera esta circunstancia (representatividad) como una de las cuales por lo que un único caso de estudio puede ser válido a la hora de hacer una investigación (R.K. Yin 2011)

Sin embargo, sí se considera una limitación que la investigación en acción se ha realizado sobre una fábrica que produciendo un único modelo pasó a producir un segundo modelo. Este es un caso muy particular y que no se da en muchas ocasiones. Es probable que el estudio sea aplicable a otras plantas que fabrican más de un modelo, pero este debe ser un tema para estudios posteriores.

1.5 ESTRATEGIA DE INVESTIGACIÓN

Una vez definido el problema y los objetivos de la investigación se procede a explicar cuál ha sido la estrategia de investigación definida para el desarrollo de

esta tesis. Se comenzó por hacer una revisión bibliográfica sobre el tema de “curvas de escalada de producción”, lo que permitió concretar y limitar el alcance de la investigación. A partir de este punto se pasó a una fase de recopilación de datos de una fábrica de automóviles donde se identificaron los parámetros de control de la producción que más variaban entre la fase de producción a régimen y la de escalada. En paralelo se realizó un estudio de caso el cual, mediante entrevistas y participación activa en un lanzamiento permitió identificar cuáles eran las condiciones de contorno que diferían en la época de escalada frente a la de producción a régimen. Los resultados de esta investigación propiciaron volver a enfocar el problema de los lanzamientos desde el punto de vista del sistema de producción. Tras una nueva revisión bibliográfica se redireccionó el objetivo de la investigación que finalmente ha consistido en comprender si es aconsejable utilizar el mismo sistema de producción en la fase de producción a régimen como en la de escalada. El resultado de la tesis fue testado en la misma fábrica donde se realizó el estudio apoyado con una simulación dinámica. El esquema de la investigación se muestra a continuación en la Figura 1.



Figura 1- Esquema de investigación

1.6 ORGANIZACIÓN DE LA TESIS

La tesis está dividida en ocho capítulos principales. El primer capítulo, en el que nos encontramos, corresponde a la introducción, le sigue el segundo capítulo en el cual se analiza el estado del arte referente a los lanzamientos y más concretamente los lanzamientos en el sector de la automoción. En el capítulo tercero se profundiza en los objetivos y preguntas de investigación, para seguir en el capítulo cuarto con la descripción de los paradigmas y metodologías de la misma. Más adelante en el capítulo quinto se presenta el enfoque sistémico que abordará el problema de investigación. En los capítulos sexto y séptimo se desarrollan las dos propuestas de mejora aplicables durante la fase de escalada: la organización de equipos de resolución de problemas y su resultado y la utilización de almacenes intermedios adaptados a la situación de la escalada. Las conclusiones de la tesis y futuras líneas de investigación se presentan en el octavo capítulo. Para finalizar con las referencias y anexos.

Organización de la tesis

ESTADO DEL ARTE

2

2.1 INTRODUCCIÓN

La presión realizada hoy en día por los consumidores ha derivado en que los ciclos de vida de los productos en general sean cada vez más cortos y por tanto, la frecuencia de los lanzamientos se haya incrementado (Gopal, Goyal, and Netessine 2013; Tschöpe and Knüppel 2013; Gross and Renner 2010; Guenther Schuh, Gartzten, and Wagner 2015), Este hecho propicia un creciente interés sobre cómo se desarrollan los lanzamientos de nuevos productos. Este interés se ha trasladado a la comunidad científica incrementándose a lo largo de los años diferentes estudios al respecto (Bultó, Viles, and Mateo 2018).

En el apartado 2.2 se identifican diferentes conceptos y definiciones respecto al tema general de lanzamientos de nuevos productos y más concretamente los que discurren en la fase de industrialización, además de abordar los enfoques con que los investigadores tratan el problema de los lanzamientos. En el apartado 2.3 se profundiza en los sistemas de producción en el sector de la automoción, para así poder entender posteriormente sus implicaciones durante la fase de escalada de producción.

2.2 PROBLEMA DE LOS LANZAMIENTOS

Los lanzamientos de nuevos modelos han representado para las compañías un daño colateral dentro de la producción, derivando en una merma en los beneficios de las mismas. Existen estudios que certifican la magnitud de dichas pérdidas. Ball en su estudio dentro del sector de la automoción considera unas pérdidas de entre 42 y 50 millones de dólares debidas a la disminución de productividad durante la fase de la escalada de producción (Ball et al. 2011). Del estudio

realizado por Leachman se desprende que en algunos lanzamientos en la industria electrónica la cantidad de producto no conforme puede superar el 50% de la producción diaria, y que en casos extremos este hecho se prolonga a lo largo de toda la vida del producto (Leachman and Hodges 1996).

Tras una revisión bibliográfica realizada sobre el tema lanzamientos de nuevos productos en la industria, a continuación, se exponen las definiciones de los conceptos más relevantes dentro del ámbito del lanzamiento.

2.2.1 DEFINICIONES

La definición general de ciclo de vida de un producto es: “el tiempo en el que el producto o servicio permanece vigente en el mercado, desde que nace hasta que se retira del mercado”, y consta de cuatro etapas: Introducción, crecimiento, madurez y declive (Levitt 1981).

Definamos en primer lugar cuál es el momento en que se produce la primera unidad para cliente. Este es un punto de referencia generalizado para todos los autores y es llamado “comienzo de la producción” en inglés “Start of Production”, SOP o “primera unidad” en inglés “Job one”. Ceglarek asume que el “Job one” es la primera unidad destinada a un cliente y es la que da inicio a la escalada de producción (D Ceglarek and Jin 2004). Sin embargo, Ball concluye que no hay un acuerdo para delimitar cronológicamente un lanzamiento (Ball et al. 2011). Esto nos lleva en primer lugar a tener que analizar las diferentes interpretaciones realizadas por distintos autores con el objeto de encontrar una definición correcta de curva de escalada.

Algunos autores definen la época de escalada como el periodo que transcurre desde la fabricación de las pre-series y termina cuando se alcanza la máxima producción planificada (Hertrampf, Stirzel, and Eberspacher 2008; Buescher and Hauck 2012). A su vez ese periodo es dividido en la fase piloto, que es el periodo donde se fabrican las pre-series y la escalada de producción, que comienza con la fabricación de unidades para cliente (start of production) y termina cuando se alcanza la capacidad máxima planificada. Otro enfoque para esta misma época es el dado por Winkler et al. el cual llama a la época de escalada arriba mencionada

como época de lanzamiento, definiendo además una nueva fase que se da en lanzamientos de modelos que sustituyen uno previo y es la llamada fase de desescalada. La fase de desescalada comienza con las pre-series del nuevo modelo y termina con la última unidad producida del modelo a substituir (H. Winkler and Slamanig 2011). Por otro lado, Scholz-Reiter define la fase de escalada como la que comienza con la fabricación de las primeras unidades en condiciones de serie hasta que se alcanza la productividad ordinaria (Scholz-Reiter, Krohne, and Leng 2007). Glock sin embargo caracteriza a la fase de escalada como la de incremento de producción y calidad y una reducción de los costes (Glock and Jaber 2012).

Jürging define un nuevo periodo dentro de la curva de escalada al que llama fase de “start-up” que transcurre entre el inicio de la producción para cliente SOP y aproximadamente un mes más tarde (Jürging 2008), que es el punto donde la producción se incrementa significativamente. De la misma forma Almgren determina como punto de inicio del “start-up” el final de la fabricación de las pre-series, conteniendo una fase de “baja producción” precedida por la que llama de “alta producción” o escalada (H. Almgren 2000). Por último resaltamos como describe Bohn la fase de escalada: El periodo de tiempo que discurre desde el final del desarrollo del producto hasta que la producción alcanza la máxima capacidad (Bohn and Terwiesch 1999).

Por lo tanto, como consecuencia de este estudio y análisis, coincidimos con Ball respecto a la afirmación de que no hay una clara nomenclatura en lo que a lanzamientos se refiere. A continuación, en la Figura 2 podemos ver gráficamente las diferentes fases de lanzamiento descritas.

Problema de los Lanzamientos

English	Clearance preseries	1st preserie	1st zero serie	Job 1	Start of ramp-up	End of production	Market introduction	Full capacity
German	VF	1e vorserie	1e nullserie	Start of production			Markteinführung	Kammlinie
Daily Production	Old product							
	New product							
Buescher	Pilot series			Ramp-up period		Production ramp-up		
Hertrampf	Pilotserienphase			Produktionanlaufphase		Hochlaufphase		
Winkler	Vorserie		Nullserie		Produktionshochlauf			
	Auslaufphase				Anlaufphase Neuprodukt/Produktwechselphase			
Juerging	Production test series		nullseries		Start-up		Ramp-up	
Almgren	Pilot production			Low volume		Ramp-up		
	Pilot production			Manufacturing Start-up				
Scholz-Reiter	Preproduction model		Zero series		Production ramp-up			
Ceglarek	Pre-production phase			Ramp-up/Launch				
Glock				Ramp-up phase				
Terwiesch				Production ramp-up				

Figura 2 - Diferentes nomenclaturas de un lanzamiento

2.2.2 ENFOQUES DEL PROBLEMA DE LOS LANZAMIENTOS

Tras realizar una intensiva revisión bibliográfica bajo las palabras clave “lanzamiento”, “curva de escalada” y “SOP” se han encontrado infinidad de artículos con enfoques muy diferenciados entre sí. A continuación, se muestran las líneas de investigación más destacadas encontradas sobre el asunto de los lanzamientos y agrupadas de acuerdo a los siguientes aspectos de la producción:

Calidad. Se han encontrado publicaciones enfocadas a la calidad de los productos en cliente tras un lanzamiento, como prever cuales van a ser los resultados de satisfacción de los clientes y como diseñar el producto para obtener unos resultados óptimos en cuanto a calidad y costes (Agard and Bassetto 2013). Un buen resumen sobre los enfoques respecto a la mejora de calidad durante un lanzamiento lo encontramos en la publicación de Ceglarek (D Ceglarek and Jin 2004).

Desarrollo del producto. Por una parte, existen publicaciones que destacan los buenos resultados que se obtienen en caso de que se desarrolle el producto en paralelo con los procesos y las instalaciones productivas (Rabe and Gocev 2008; Leítao et al. 2009; Batalha, Schwarzwald, and Damoulis 2004). Por otro lado, tenemos la vertiente que advierte de lo importante que es la comunicación durante la fase de desarrollo y sus consecuencias en la fase de la escalada (L. Surbier, Alpan, and Blanco 2010; Kontio and Haapasalo 2005; Chung, Chan, and Ip 2010). También encontramos análisis de buenas prácticas durante la fase de desarrollo que facilitan posteriormente una buena escalada de producción (Geyer and Guttl 2003; Lakemond et al. 2013).

Formación. ¿Se puede aprender todo lo relacionado con un nuevo proceso antes de que esté instaurado? Von Hippel en su artículo defiende que no es posible, ya que, siempre hay cambios posteriores que deben ser aprendidos “al hacer” (Learning by doing) (Von Hippel and Tyre 1995). Aceptado este concepto es evidente que los operarios no pueden saber todo en el SOP y por ello necesitan un adiestramiento en producción que consiga que el operario vaya ganando en habilidad y conocimiento según unas curvas de aprendizaje características, lo que propicia un aumento de productividad (Towill and Cherrington 1994). Existe también un gran cuerpo bibliográfico que trata de la importancia de la formación en escaladas del equipo directivo (Thiebus et al. 2006; Slamanig and Winkler 2010). Por último, encontramos de cómo aprovechamos el lanzamiento de un producto en una fábrica y transferimos el conocimiento adquirido a una segunda fábrica que debe lanzar el mismo producto (Riis, Waehrens, and Madsen 2010; Harvey and Griffith 2007).

Dirección de lanzamiento. En este apartado encontramos algunas políticas de dirección seguidas durante el periodo de escalada de producción y las buenas prácticas que influyen en los buenos resultados durante la misma. Una primera tendencia es intentar mejorar la curva de escalada planificada optimizando en cada momento los tiempos ciclos (Grewal et al. 1998). Más concretamente Haller y Govind en sus publicaciones relacionan el ajuste del tiempo ciclo durante la escalada al material circulante entre procesos (Haller, Peikert, and Thoma 2003; Govind, Fronckowiak, and Ieee 2003). Otros autores aportan casos de estudio

con buenas prácticas a observar por la dirección durante el lanzamiento (Calantone and Di Benedetto 2012; Chien and Li 2012).

Proveedores. Fundamentalmente los temas que se han encontrado bajo este concepto han sido dos. El primero referente a la nominación de proveedores. Hilletoft afirma que la cadena de suministro tiene que ser desarrollada en paralelo al desarrollo del producto para obtener un mayor valor añadido en la posterior explotación (Hilletoft and Eriksson 2011; Chaudhuri, Mohanty, and Singh 2013). El segundo tema más recurrente se refiere a cómo asegurar el suministro de piezas durante la escalada. Inicialmente a la hora de planificar la curva de escalada hay que tener muy en cuenta la capacidad de los proveedores (Heins, Klemke, and Schulze 2008) y posteriormente hay que controlar a los proveedores para que no fallen durante la fase de escalada (Huentelmann, Reinsch, and Maertens 2007) y hay que informar convenientemente a los mismos durante dicha fase (Nugroho 2011).

Modificaciones. En este aspecto se han agrupado los artículos que tienen que ver con las modificaciones, por ejemplo, Hinrichs crea una simulación discreta en la cual se puede verificar como los cambios (de producto o de proceso) frente a lo planificado pueden romper la cadena de suministro (Hinrichs et al. 2004). Por otro lado Scholz-Reiter incide en la importancia de las introducciones de modificaciones de producto durante la curva de escalada pudiendo llegar a hacer fracasar un lanzamiento y como organizando equipos dedicados a la implementación de cambios de producto se puede minimizar ese riesgo (Scholz-Reiter, Krohne, and Leng 2007). De la misma forma Milling se plantea si las modificaciones durante la fase de escalada son un problema en sí o realmente son un síntoma de una mala planificación (Milling and Jürging 2008).

Planificación. Encontramos bajo este concepto bastantes tipos de simulaciones que pretenden aconsejar sobre el aspecto que la curva de escalada debe tener en función de las condiciones particulares de un lanzamiento. Carrillo desarrolla una compleja simulación que permite jugar entre inversiones en producto y proceso frente al momento idóneo de introducir el producto en el mercado, es decir calcula la rentabilidad de las inversiones de aceleración de la

escalada en función del beneficio que traen por introducir antes el nuevo producto en el mercado (Carrillo and Franza 2006). Así como Carrillo optimiza la curva desde un punto de vista financiero, Glock planifica la curva de escalada en función a la satisfacción de la demanda de los clientes (Glock and Jaber 2012). Existe otra tendencia de realizar diferentes modelos de simulación que predicen la capacidad máxima obtenible durante la fase de la escalada (Niroomand, Kuzgunkaya, and Bulgak 2014; Christian et al. 2010; Meier and Homuth 2007; Willmann et al. 2013).

Proceso. En cuanto al enfoque al proceso de fabricación encontramos una serie de artículos que hacen referencia a las ventajas de tener procesos productivos fácilmente reconfigurables o dicho de otra forma flexibles. Las ventajas mencionadas son reducción en los tiempos de cambios de modelo, así como la reducción de inversiones necesarias para un nuevo lanzamiento (Niroomand, Kuzgunkaya, and Bulgak 2012; Horbach et al. 2011; Americo and Almeida 2011).

Resolución de problemas. Se han encontrado referencias a diferentes métodos de resolución de problemas entre los que encontramos el KMDL “Knowledge Modelling and Description Language”. Este método se aplica al trasvase de información (lista de materiales de un producto) entre el desarrollo central y la planta productora en otra localización, descubriendo qué puntos débiles presenta dicho proceso (Bahrs and Heinze 2009). Desde el punto de vista de la producción de los productos y con objeto de reducir problemas funcionales se presenta el método del “functional build” mediante el cual se pretende reducir las especificaciones técnicas de los componentes, fijándolas únicamente después de haber fabricado un “modelo funcional” (Hammett, Wahl, and Baron 1999). En otro orden de cosas, Gross defiende que el comportamiento improvisador a la hora de resolver cierto tipo de problemas en ciertas circunstancias tiene sus ventajas (Gross 2014).

Revisión bibliográfica. Entre la bibliografía analizada sobre escaladas de producción encontramos además dos revisiones bibliográficas principales (Ball et al. 2011; Laurène Surbier, Alpan, and Blanco 2014). En ellas se presenta un

modelo que permite construir curvas de lanzamiento y una clasificación de la literatura referente a curvas de escalada respectivamente.

Personal. Bajo este apartado clasificamos los artículos que tratan el problema del balanceo de las líneas de montaje durante la fase de escalada de producción (Lanza and Sauer 2012; Otto and Otto 2014).

2.3 SISTEMA DE PRODUCCIÓN

Si bien en la revisión bibliográfica sobre los lanzamientos y curvas de escalada no restringimos las búsquedas a ningún sector concreto, en este capítulo hemos seleccionado las publicaciones referentes al sector de la automoción. Más allá de las temáticas antes descritas, es necesario comprender el sistema de producción para contextualizar el problema de los lanzamientos. En lo que respecta a la escalada de producción en el sector del automóvil, la fase de escalada de producción comienza con el primer vehículo de serie y termina con la obtención de la producción diaria máxima planificada (Bultó, Viles, and Mateo 2018). Glock afirma que muchos problemas de planificación y características de los procesos, tales como demanda en crecimiento, eliminación de defectos, interrupciones, reducciones de costes, inversiones en capacidad, asignación de trabajadores, gestión del flujo de producción y control de la evolución (Glock and Grosse 2015) deben ser solucionados durante esta fase para afrontar una escalada con éxito. Si el objetivo del nivel de perfección requerido no es alcanzado durante esta fase de la producción, es probable que productos defectuosos lleguen al cliente. Un éxito durante esta fase asegura la satisfacción del cliente una vez se ha alcanzado la fabricación de serie. La habilidad de lanzar nuevos productos exitosamente es uno de los pilares de la estrategia organizacional de la nueva era (Teece, Pisano, and Shuen 1997; Eisenhardt and Martin 2000; Krüger et al. 2010).

El problema de los lanzamientos en el sector de la automoción es un asunto actual, tenemos ejemplos recientes: Tesla con sus retrasos en las entregas de su modelo 3, de igual forma el Mercedes EQC o el Volkswagen Golf 8. Siendo tan importante la consecución de los objetivos de un lanzamiento, nos preguntamos por qué un sector tan productivo como lo es el de la automoción no consigue

alcanzar la productividad y cumplir el resto de objetivos durante la fase de la escalada. En la revisión bibliográfica efectuada, encontramos diferentes explicaciones a este fenómeno. Por ejemplo, Carrillo relaciona las inversiones realizadas en el producto y en los procesos durante la fase de desarrollo con la duración de la escalada de producción (Carrillo and Franza 2006). De su análisis se deduce que una falta de inversión en ingeniería simultánea o en procesos robustos y flexibles podrían desembocar en pérdida de productividad e incremento de costes durante la fase de la escalada. Winkler argumenta que lanzar un nuevo modelo es una actividad que se realiza con poca frecuencia en relación a la fase de producción en serie y por lo tanto, la dirección de la fábrica no está preparada para afrontar la situación (H. Winkler and Slamanig 2011). En esta misma publicación se añade que a pesar que la dirección es fundamental para el éxito de un lanzamiento, no existe un sistema de producción específico para esta época y los sistemas de producción generales son insuficientes. De manera similar, Schuh apunta que es necesario un sistema robusto de producción durante el lanzamiento para evitar una escalada de problemas (G. Schuh, Desoi, and Tucks 2005). En concreto, estos autores sugieren que es necesario un sistema de producción flexible y escalable, sin embargo, no proponen ninguno en particular.

Gopal demuestra que el conocimiento adquirido por una compañía en lanzamientos anteriores es fundamental para el buen desarrollo de la escalada y más concretamente, empresas que han lanzado un nuevo modelo en los últimos dos años obtienen unos mejores resultados que las que no lo han hecho (Gopal, Goyal, and Netessine 2013). También hay evidencias que la mejora organizacional durante un lanzamiento puede ser un método de mejora de la coordinación, la comunicación y la resolución de problemas durante la escalada (Fjallstrom et al. 2009; Gross and Renner 2010; Du et al. 2008). Todas esas mejoras pueden desembocar en un incremento de las habilidades de una compañía durante la escalada de producción. A pesar que los artículos referentes a los lanzamientos han visto incrementada su publicación en los últimos diez años, los artículos que tratan de adecuar los sistemas de producción a la fase de escalada son muy escasos (Bultó, Viles, and Mateo 2018). Almgren por su parte

incide en el hecho que, si bien la velocidad de las operaciones en una línea de producción debe de ser constante desde el principio de la escalada hasta el fin, es necesario formar un equipo de apoyo que se dedique a recopilar información controlar los procesos y resolver problemas específicamente durante la fase de la escalada (H. Almgren 2000). Por último, encontramos a Schuh que destaca ya en su trabajo que el sistema de producción durante la fase de escalada debe de ser lo suficientemente robusto para evitar la acumulación de problemas y que los stocks intermedios entre procesos deben ir variando durante la misma, lo cual nuevamente difiere de la fase de producción a régimen (Guenther Schuh, Gartzzen, and Wagner 2015).

2.4 CONCLUSIONES

De la revisión bibliográfica podemos concluir que el tema de lanzamientos de nuevos modelos ha sido estudiado en profundidad y en los últimos años las publicaciones al respecto han sufrido un incremento importante como podemos ver en la Figura 3 (Bultó, Viles, and Mateo 2018). El objetivo generalizado de estos artículos es analizar causas de los problemas aparecidos durante la fase de escalada y sus posibles soluciones. Los enormes costes en pérdida de productividad y la importante reducción de los ciclos de vida de los modelos hacen que los lanzamientos estén ganando en relevancia frente al coste del producto final (Gopal, Goyal, and Netessine 2013). Además, encontramos que los enfoques más recurrentes con los que se trata el problema de los lanzamientos son la planificación y la dirección del lanzamiento, apoyados por un sinfín de simulaciones que permiten prever diferentes aspectos en la fase de escalada de producción como pueden ser la calidad, la productividad o la necesidad de personal.

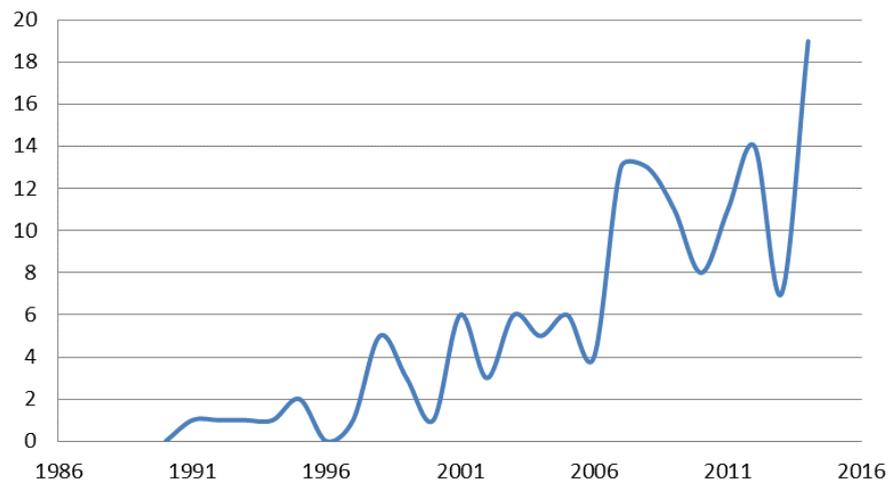


Figura 3. Evolución de las publicaciones referentes a lanzamientos de nuevos modelos

El comportamiento o la forma de trabajar durante la escalada de producción parece que debe ser adaptada a las características especiales que comporta dicha fase.

Sin embargo, no se ha encontrado ninguna publicación que analice durante la fase de la escalada el sistema de producción como un todo y cuestione la validez del mismo durante ese período, siendo éste el objeto de esta investigación.

Conclusiones

OBJETIVOS Y PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 OBJETIVO GENERAL Y SUBOBJETIVOS

Desde el punto de vista más amplio, esta tesis tiene como objetivo el comprender cuales son las causas de los fracasos en los lanzamientos de nuevos modelos en el sector de la automoción europeo y proponer soluciones que redunden en una mejora de dichos resultados. Para cumplir el objetivo general deberemos satisfacer otros objetivos parciales de los cuales destacamos:

- Esclarecer si el problema de la investigación es general en el sector de la automoción europeo.
- Cuantificar las pérdidas en los lanzamientos.
- Delimitar la fase de escalada de producción dentro del lanzamiento.
- Esclarecer cómo funciona una fábrica de automóviles durante la fase de lanzamiento.
- Identificar posibles causas que lleven los lanzamientos al fracaso.
- Proponer posibles medidas que mitiguen las causas seleccionadas.
- Demostrar que dichas medidas son efectivas.

Una vez fijados los objetivos de la investigación pasemos a las preguntas de investigación sobre la misma.

3.2 PREGUNTAS DE LA INVESTIGACIÓN

Una vez fijados en el desarrollo de la tesis los objetivos de la investigación, se pasó a una fase exploratoria en la cual pudimos concretar más las hipótesis de partida y centrar la línea de investigación. Para ello, se optó por hacer una encuesta entre los directivos más representativos de una importante fábrica de automóviles inmediatamente después de culminar un lanzamiento caracterizado por no cumplir los objetivos planteados. Dicha encuesta estuvo enfocada en

Preguntas de la investigación

analizar las fuerzas y debilidades de dicho lanzamiento. Posteriormente, una revisión bibliográfica referente a los lanzamientos de nuevos modelos en el sector de la automoción en particular derivó en plantear las preguntas de la investigación que marcarían el rumbo de la tesis.

- P1. ¿Son los Sistemas de Producción aplicados a la producción en serie a régimen los más indicados durante la fase de la escalada de producción en el lanzamiento de un nuevo modelo de automóvil?
- P2. ¿Es la organización de los equipos de mejora durante la producción a régimen adecuada para superar los retos de la fase de escalada de producción?
- P3. ¿Es la capacidad planificada de los stocks intermedios para la producción a régimen, la adecuada para la fase de escalada de producción?

Una vez enunciadas las preguntas de investigación pasaremos a desarrollar el paradigma y la metodología de la investigación.

PARADIGMA Y METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

4

4.1 PARADIGMA DE LA INVESTIGACIÓN

Para determinar que paradigma es el más adecuado para cada una de las preguntas de la investigación utilizaremos el método descrito por Guba y Lincoln sometiendo a la realidad investigada a tres preguntas (Guba and Lincoln 2005):

- la pregunta ontológica ¿Cuál es la forma y naturaleza de la realidad?
- la pregunta epistemológica ¿Cuál es la naturaleza de la relación entre el conocedor o el posible conocedor y aquello que puede ser conocido?
- la pregunta metodológica ¿Cómo el investigador puede descubrir aquello que él cree puede ser conocido?

Cada uno de los posibles paradigmas, positivista, post-positivista, teoría crítica y constructivismo, responden a las preguntas de arriba de una forma diferente como veremos en la Tabla 1. Bastará a continuación comparar la naturaleza de la realidad investigada en cada una de las preguntas de investigación para asignar a cada una de ellas el paradigma de investigación más adecuado.

Tabla 1 Características de los paradigmas de investigación frente a las preguntas ontológica, epistemológica y metodológica

Ontológico	Epistemológico	Metodológico
------------	----------------	--------------

Paradigma de la investigación

Positivismo	Verdad absoluta y aprehensible por el ser humano	Investigador y objeto de estudio son independientes	El objeto de estudio es medible
Post-positivismo	La realidad existe, pero es imperfectamente aprehensible por el ser humano	El investigador puede formar parte del objeto de estudio	Falsación de las hipótesis, experimentación modificada
Teoría crítica	Basada en un realismo histórico producto de un conjunto de factores sociales, políticos, culturales y económicos	Interrelación investigador objeto investigado	Dialogo entre investigador e investigado
Constructivismo	No existe una realidad sino la que cada uno nos hacemos	El investigador es un miembro más de la realidad a ser investigada	Consenso de los constructos de los individuos

A la primera pregunta de investigación “¿Son los Sistemas de Producción aplicados a la producción en serie a régimen los más indicados durante la fase de la escalada de producción en el lanzamiento de un nuevo modelo de automóvil?”. Esta pregunta parece estar en línea con el paradigma post-positivista, ya que los sistemas de producción son complejos y su aplicación difiere dependiendo de la cultura de los actores por lo que el resultado de la investigación puede denominarse “probablemente verdadero” (Ramos-Galarza 2015). Desde el punto de vista epistemológico el investigador podría formar parte del sistema de producción sin perjuicio para la investigación, es más, podría ayudar a la hora de recabar informaciones requeridas para la misma, así como facilitar una visión más holística del sistema de producción estudiado. Por último, la metodología del post-positivismo permite el uso de métodos cualitativos, como el análisis del contenido que puede poseer elementos cuantitativos. Para el caso de los sistemas de producción podría ser muy adecuado ya que, como se dijo antes, la implementación de los mismos es un conjunto complejo de personas, materiales, equipamientos y procesos por lo que se ha de estudiar desde un punto de vista cualitativo pero los resultados son perfectamente medibles.

Para la segunda pregunta de investigación: ¿Es la organización de los equipos de mejora durante la producción a régimen adecuada para superar los retos de la fase de escalada de producción? Ontológicamente la organización del trabajo es una realidad compleja, que si, por un lado, la teoría a aplicar puede estar muy clara, por el otro la implementación va a depender de factores sociales, culturales e incluso económicos, por lo que los resultados serán impredecibles. Bajo una visión epistemológica el investigador debe estar en contacto con la realidad que deberá ser observada e incluso alterada para observar efectos en los resultados lo que nos enfoca metodológicamente también a concluir que para la segunda pregunta de investigación el paradigma más idóneo es el del enfoque crítico.

Por último, la tercera pregunta de investigación: ¿Es la capacidad planificada de los stocks intermedios para la producción a régimen adecuada para la fase de escalada de producción?, repetimos el mismo procedimiento anterior. Bajo la visión ontológica, la influencia del tamaño de un almacén intermedio sobre los indicadores de producción puede ser aislada manteniendo el resto de parámetros del sistema de producción invariables, por lo que la respuesta a la pregunta de investigación es una realidad no interpretable. Epistemológicamente no tiene por qué haber ninguna relación entre investigador y el tamaño de los almacenes intermedios. Por último, metodológicamente nos encontramos que el tamaño de los almacenes intermedios es perfectamente medible. Por todo ello, el paradigma más adecuado a la tercera pregunta de investigación es el positivista.

4.2 METODOLOGÍAS O TÉCNICAS UTILIZADAS

Una vez seleccionados los paradigmas más adecuados para cada una de las preguntas de investigación trazaremos a continuación cuales van a ser las metodologías o técnicas de investigación que nos llevarán a los resultados de la tesis.

4.2.1 CASO DE ESTUDIO

Si bien el método de investigación caso de estudio ha sido criticado he incluso ignorado (Martinez Carazo 2006), es muy apropiado para medir y registrar la

conducta de las personas involucradas en el fenómeno estudiado mientras que los métodos cuantitativos solo se centran en información verbal procedente de las encuestas (R. K. Yin and Campbell 1989). El método de caso de estudio como estrategia de investigación, opera dentro del paradigma del realismo (post-positivismo) (Perry 1998) que como vimos arriba ha resultado ser el paradigma de investigación más adecuado a la primera pregunta de investigación.

Si son los sistemas de producción de serie válidos para la fase de escalada es una pregunta que solo se puede resolver analizando en detalle el sistema de producción en serie y comprendiendo cuales son las condiciones de contorno que envuelven ambas situaciones en una planta productiva. El sistema de producción es según Chapanis “una combinación interactiva a cualquier nivel de complejidad de personas, materiales, herramientas, máquinas, software de las instalaciones y procedimientos designados para trabajar juntos para un propósito común” (Chapanis 1996). Por lo que, podemos decir que el estudio de un sistema de producción representa claramente el estudio de una realidad compleja repleta de variables que son difíciles de aislar, para el cual Merriam favorece el método de investigación estudio de caso (Merriam 1988).

Para este estudio se seleccionó una planta de montaje de automoción ubicada en el sur de Europa y perteneciente a una empresa multinacional. La planta producía alrededor de 300.000 automóviles al año, con una tasa de un automóvil cada 55 segundos. Hay más de 4.000 trabajadores y la empresa implementa los 7 principios de EPS.

La capacidad de producción de la planta es de 1400 automóviles por día. Los coches se venden en unos 40 países distribuidos en todo el mundo. La productividad media ronda los 70 (coches / personas-año). Desde el punto de vista medioambiental, productivo y de calidad, la planta se posiciona como una de las más eficientes del grupo.

La fábrica utiliza la última tecnología, maquinaria sofisticada y un proceso de producción robusto. El nivel de automatización varía entre los talleres. Las prensas son líneas automáticas con carga y descarga automática, el taller de chapa tiene un 94% de automatización, el taller de pintura tiene un 89% de

automatización y la línea de montaje es principalmente manual. Además, a lo largo de 2018, los equipos de innovación de esta planta han llevado a cabo proyectos y medidas de innovación basados en la aplicación de diversas tecnologías englobadas dentro del nuevo paradigma Industria 4.0.

En cuanto a la plantilla, en 2020 más del 85% de la plantilla de la planta tenía contrato indefinido. En el ámbito de la innovación, esta planta ha organizado un programa de formación global sobre Industria 4.0 para todos los trabajadores con el fin de prepararlos para la nueva era de la inteligencia artificial. Además, se fomenta la participación de los trabajadores para la mejora continua del sistema de producción. Por ejemplo, en 2018 se presentaron miles de ideas, lo que permitió a la empresa ahorrar más de 4 millones de euros.

Esta aplicación de la metodología del estudio de caso sigue las sugerencias hechas para este tipo de investigación (Eisenhardt 1989; R.K. Yin 2011, 2014). De los diferentes tipos de estudios de caso discutidos en la literatura (Baxter and Jack 2008; R.K. Yin 2011; Al Qur'an 2010), este estudio tiene en primer lugar un objetivo descriptivo (describir las características de los EPS durante la fase de escalada en un contexto real) que se aplica con un enfoque exploratorio (explorando situaciones que ocurren dentro del contexto de la fase de escalada, donde no está claro por qué no se consiguen los objetivos de desempeño deseados). En este sentido, esta investigación adopta una perspectiva inductiva en un intento de agregar nuevos enfoques a la teoría existente sobre la fase de escalada de la producción.

La unidad de análisis de este caso es el desempeño del sistema de producción (EPS) durante la fase de escalada en relación con la producción en serie (en términos de producción y calidad). El estudio de caso único presentado aquí se considera apropiado frente a un estudio multicaso por tres razones. El primer motivo es la colaboración a largo plazo entre el equipo de investigación y la planta de montaje, y la experiencia profesional de uno de los investigadores, que cubre los últimos 11 lanzamientos (incluido el restyling). Además, el grupo de investigación colabora con la planta desde hace más de diez años, lo que permite una comprensión profunda del tema que se analiza (Al Qur'an 2010; R.K. Yin

2011). La segunda razón es que la experiencia profesional del doctorando ha permitido acceder a un conjunto de datos único en un grado de detalle que sería muy difícil de obtener de otro modo, lo que permite realizar una comparación adecuada. Estas dos primeras razones justifican el uso de un estudio de caso único para esta investigación, que agrega validez y credibilidad, considerados como componentes indispensables en general en todas las investigaciones y en las investigaciones de estudios de caso en particular (Al Qur'an 2010). La tercera razón es que la empresa seleccionada para este estudio de caso se considera representativa de muchas otras empresas de fabricación de la misma industria automotriz. La razón por la que se considera representativa son porque la planta forma parte de una multinacional de automoción que cuenta con más de 15 plantas homogéneas en Europa. Todas las plantas siguen las mismas políticas de fabricación. En Europa existen alrededor de 70 líneas de montaje agrupadas en 10 empresas multinacionales. Este grupo es un fabricante de automóviles líder en Europa. Yin también describe esta circunstancia (representatividad) como una bajo la cual un estudio de caso único puede ser apropiado. En consecuencia, solo se eligió una fábrica para observación y documentación (R.K. Yin 2011).

En cuanto a las características de la fábrica elegida para este caso de estudio, un dato a destacar es que pertenece a un grupo automovilístico multinacional. La fábrica produce solo un modelo de automóvil durante cada ciclo de producción y mantiene excelentes niveles de rendimiento de calidad y productividad a costos muy competitivos. A los efectos de este estudio, el uso de datos de una sola fábrica de este grupo de automoción se considera suficiente para derivar conclusiones generales. Como se mencionó anteriormente, todas las fábricas de este grupo automotriz comparten el mismo PS básico y, como se argumentó anteriormente, los PS utilizados en todas las fábricas de automóviles europeas emplean esencialmente el mismo EPS. Se entiende que la fábrica aprende de todas las experiencias anteriores (Gopal, Goyal, and Netessine 2013), por lo que, observar la producción solo del último modelo es lo suficientemente interesante y completo como para permitir extraer conclusiones para el futuro.

4.2.1.1 RECOLECCIÓN DE DATOS

Un estudio de caso es un "enfoque de la investigación que facilita la exploración de un fenómeno dentro de su contexto utilizando una variedad de fuentes de datos" (Baxter and Jack 2008). En este caso, los datos se recopilaron de una fábrica que produjo solo un modelo de automóvil durante un ciclo de producción en el momento de este estudio. El modelo contaba con 12 variantes de motor caja de cambios, cuatro carrocerías con dos o cuatro puertas, techo normal o abrible y seis líneas de acabados diferentes con 12 posibles colores exteriores.

El modelo en estudio tenía un ciclo de vida (desde el inicio de la producción hasta el final de la producción) que duró ocho años. Esto está en línea con los otros modelos de automóviles producidos dentro de esta fábrica, donde el ciclo de producción generalmente se extiende por 7-8 años.

Los datos para este estudio de caso provienen del ciclo de producción más reciente y finalizado completamente, que se desarrolló de 2009 a 2017. Esto significa que el modelo de automóvil se lanzó en 2009 y, hasta el año 2017, era el lanzamiento principal de esta planta, excluyendo el restyling. Se utilizaron datos reales de la planta de montaje para estudiar los indicadores de desempeño que se obtuvieron durante la fase de escalada de producción del lanzamiento de este último nuevo producto.

La información recopilada de la empresa fue tanto cualitativa como cuantitativa. Los datos cuantitativos, que dan muestra de las desalineaciones entre sistema de producción de serie y fase de escalada, se tomaron de los registros de la empresa. Los datos provienen de la última fase de escalada de la producción (28 semanas en 2009) para el período mencionado. La información cualitativa se recopiló principalmente a través de técnicas basadas en observaciones directas y en entrevistas y reuniones semiestructuradas con diferentes gestores de procesos para intentar dar respuesta a las dos preguntas restantes de la investigación. Los gerentes entrevistados fueron: el gerente de producto, los gerentes de producción del área de carrocería y el área de montaje, el gerente de logística y el gerente de calidad. Todos ellos tienen muchos años de

Metodologías o técnicas utilizadas

experiencia y un amplio conocimiento sobre los problemas que se producen durante la fase de escalada de la producción. Por lo tanto, la información cualitativa contiene las experiencias acumuladas por estos gerentes a lo largo de varios lanzamientos. En la Tabla 2 se resume el marco de la recolección y análisis de los datos. Además, es importante señalar que este estudio se realizó en una planta que tiene un conjunto particular de características socioeconómicas relacionadas con la ubicación, tamaño, niveles de formación de los trabajadores, sistemas de bonificación, niveles de automatización de la planta, etc., y que un conjunto diferente de tales características podría proporcionar resultados diferentes en términos cuantitativos.

Tabla 2 Recolección de datos del caso de estudio de la planta de producción; Tipo y fuente

Unidad de análisis	Resultados del EPS durante la escalada relativos a la producción a régimen (en relación a producción y calidad)		
Límite temporal	Fechas del ciclo de vida (2009-2017). Fase de escalada: 28 semanas en 2009		
Preguntas de investigación	Tipos de datos	Fuentes principales	Interpretación de la información y explicación
¿Se han alcanzado los objetivos?	Diferentes bases de datos (Datos de producción, de calidad etc.) provenientes de los partes diarios	Gerentes de Calidad, logística y producción	1. Reunir los datos 2. Calcular los indicadores necesarios para valorar el cumplimiento de los objetivos 3. Visualizar y analizar los datos
¿Qué problemas aparecen durante la escalada en relación a los siete principios?	Conversaciones directas y entrevistas semiestructuradas	Director de producción y gerentes de producción (Chapistería, montaje, etc.)	1. Enumerar los problemas 2. Asignar los problemas a los principios 3. Adjuntar revisión bibliográfica
¿Qué nuevas situaciones acontecen que pueden ser la causa del no cumplimiento de los objetivos?	Observación directa y documentos administrativos como partes, protocolos, memorandos, etc.	Directivos con experiencia en ciclos de vida de varios modelos	1. Enumerar nuevas situaciones 2. Determinar las consecuencias que cada nueva situación acarrea en producción 3. Asignar cada nueva situación a un principio del EPS

4.2.1.2 ANALISIS DE LOS DATOS

Con el objetivo de analizar las diferencias entre la producción en serie y las fases de escalada de la producción, se calcularon y analizaron los valores cuantitativos de los indicadores clave de rendimiento registrados durante la fase de escalada de la producción en 2009 (28 semanas).

La información cualitativa se obtuvo principalmente a través de reuniones semiestructuradas y discusiones con diferentes gerentes. Luego, estos datos se organizaron clasificando los problemas y situaciones descritos por los gerentes en base a los siete principios del EPS.

4.2.2 ACTION RESEARCH

El método de investigación “Action research” (investigación en acción) habitual en el paradigma de la teoría crítica, se basa en la demostración de una teoría de una forma práctica mediante la aplicación de cambios en una organización y la posterior medición de los efectos que dichos cambios han tenido en la misma.

En esta tesis, una vez realizado el estudio de caso nos encontraremos con dos posibles causas que justifiquen el por qué los lanzamientos no consiguen los resultados planificados. La primera de ellas responde a la segunda pregunta de investigación:

P2. ¿Es la organización de los equipos de mejora durante la producción a régimen adecuada para superar los retos de la fase de escalada de producción?

Con esta pregunta se está cuestionando la idoneidad de la utilización de la organización habitual en la resolución de problemas en la fase de lanzamiento. Parece que la forma más adecuada de tratar esta cuestión es proponiendo unas posibles mejoras, aplicarlas en una organización y posteriormente medir los efectos que han causado en la misma. En nuestro caso, los parámetros a ser medidos serán los tiempos medios de resolución de problemas y el número de problemas totales resueltos.

No es fácil encontrar una organización que se preste a experimentar con cambios durante un lanzamiento, sin embargo, en nuestro caso ha sido posible hacerlo debido a la relación laboral de uno de los miembros del equipo de investigación con una empresa del sector de la automoción.

4.2.3 SIMULACIÓN

La simulación se vislumbra como el método de investigación más apropiado para responder a nuestra tercera pregunta de investigación:

P3. ¿Es la capacidad planificada de los stocks intermedios para la producción a régimen, la adecuada para la fase de escalada de producción?

Efectivamente con la realización del caso de estudio se constató un gran número de casos de paradas de instalaciones por falta de material del subsecuente proceso, este hecho puede responder a dos causas principales. La primera de ellas, que la capacidad de fabricación de las instalaciones esté mal planificada de tal forma que una instalación tenga menos capacidad productiva que a la que alimenta, lo cual fue falsado durante el mismo desarrollo del caso de estudio. La segunda causa posible es que el almacén de desacople entre procesos no esté bien dimensionado para la fase de escalada o, dicho de otra forma, que para el diseño de la instalación solo se haya tenido en cuenta la fase de producción a régimen y no la de escalada. Como se observó durante la realización del caso de estudio, estas fases son bien diferentes.

Para poder demostrar esta hipótesis se optó por crear un modelo bajo el programa Simio® que consistía en la modelación de cuatro instalaciones reales consecutivas del taller de chapistería con sus almacenes de desacople entre ellas.

Una vez desarrollado el modelo, se comprobará su funcionamiento, para ello se tomarán como premisas las generales para el desarrollo de una instalación de este tipo que son:

- Tiempo entre fallos sigue una distribución exponencial con parámetro de disponibilidad real en producción a régimen.

- Tiempo de reparación o de parada sigue una distribución de Erlang con parámetro de 6,5 minutos.
- Los tiempos de actividad seguirán la necesidad de la producción planificada.

Se ejecutará la simulación con duración de una semana y se comprobará que los datos de producción obtenidos corresponden a los reales de una situación de producción a régimen. Una vez validado el modelo se dispondrán a hacer dos simulaciones.

En la primera simulación, se tendrá en cuenta que durante la fase de escalada las instalaciones son nuevas y el personal que las atiende carece del conocimiento sobre las mismas que solo concede la experiencia. Por ello, se tomarán datos reales provenientes de un lanzamiento, para el tiempo de reparación o parada, y para el tiempo entre averías en función de la disponibilidad de la instalación. Estos valores se tomarán como la media por semana de la escalada durante 8 semanas. Así las premisas variaran de la siguiente forma:

- Tiempo entre fallos: sigue una distribución exponencial con parámetro en función de la disponibilidad media de la semana.
- Tiempo de reparación: se utilizará una distribución de Erlang con parámetro α igual al tiempo medio de avería y k el que se obtenga para cada periodo de una semana tras realizar las correlaciones de la distribución con los datos reales de la misma.
- Los tiempos de actividad: seguirán la necesidad de la curva de escalada.

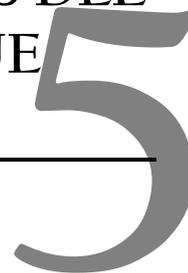
A continuación, se realizará una segunda simulación con las mismas premisas, pero aumentando los almacenes intermedios. De esta forma podremos comparar si la producción semanal aumenta con respecto a la primera simulación con lo que quedaría demostrada la hipótesis sostenida.

4.3 CONCLUSIONES

Por lo tanto, la estrategia de investigación trazada, empieza con un caso de estudio del cual se descubrirán las diferencias entre la fase de producción en serie a régimen y la previa fase de escalada. Este estudio nos guiará en las respuestas a las siguientes preguntas de investigación, referidas a la organización de los equipos de mejora y a la capacidad planificada de los stocks intermedios. Estas preguntas de investigación se tratarán de forma independiente mediante una investigación en acción y una simulación, respectivamente. El resultado arrojará una serie de conclusiones que ayudarán a comprender el problema de la organización de la fase de escalada en el lanzamiento de nuevos modelos y la consecución de los objetivos marcados para ellos.

Conclusiones

PROPUESTA DE ANÁLISIS DEL PROBLEMA: ENFOQUE SISTÉMICO



5.1 INTRODUCCIÓN

Como ya se vio en el capítulo 1, los mercados exigen actualmente ciclos de vida de los productos más cortos lo que conlleva a que la cantidad de lanzamientos de nuevos productos esté creciendo. Este incremento del número de lanzamientos de nuevos productos representa nuevos desafíos para las industrias en general y, en concreto para el sector de la automoción. Existen evidencias de que más del 50% de los lanzamientos de nuevos productos en el sector de la automoción no consiguen alcanzar los objetivos de producción y calidad preestablecidos (Laurène Surbier, Alpan, and Blanco 2014; Straube, Stölzle, and Schuh 2008). Además las grandes pérdidas económicas derivadas de la pérdida de productividad se concentran en la fase de escalada del lanzamiento de un nuevo producto (Ball et al. 2011; H. Almgren 2000), lo que hace de esta fase dentro del ciclo de vida de un producto especialmente interesante como objeto de estudio.

Glock considera que en la fase de escalada hay muchos problemas de planificación y características de procesos que han de ser solventados. Si el objetivo del nivel de calidad no se alcanza durante esta fase, es muy probable que vehículos defectuosos lleguen al cliente. Por lo tanto, una exitosa fase de escalada asegura el éxito en la posterior fabricación en serie, así como la satisfacción del cliente. Teece y otros autores definen a la habilidad de lanzar nuevos productos al mercado como uno de los pilares estratégicos de la nueva era (Teece, Pisano, and Shuen 1997; Eisenhardt and Martin 2000; Krüger et al. 2010).

Muchas son las causas atribuidas al no cumplimiento de los objetivos de calidad, producción y costes. Desde la falta de preparación hasta la falta de

formación pasando por la no disponibilidad de un sistema de producción adecuado y robusto para esa fase.

Profundizando más en este asunto, los conocimientos de la dirección generado por los lanzamientos previos llevados a cabo influyen en los resultados de los lanzamientos posteriores, incluso dichos conocimientos mejoran la capacidad organizativa de la dirección. En particular Gopal concluye que empresas que han lanzado un modelo en los dos últimos años tienen menores pérdidas de productividad en los posteriores lanzamientos en comparación con empresas que no habían tenido esa experiencia recientemente (Gopal, Goyal, and Netessine 2013). También hay evidencias que la mejora de la organización durante los lanzamientos podría ser un método que mejore a su vez la coordinación, el traspaso de información y la resolución de problemas durante la fase de escalada (Fjallstrom et al. 2009). Todas esas mejoras propuestas por diferentes autores, no han sido evaluadas dentro de un completo sistema de producción. Un desafío particularmente interesante que vale la pena investigar es la conveniencia de utilizar el mismo sistema de producción en serie a régimen para la fase de escalada de un nuevo producto. A la luz de la situación actual, el objetivo de este trabajo de investigación es describir las características de los sistemas de producción europeos actuales en la industria de la automoción y evaluar si pueden funcionar adecuadamente durante la fase de escalada. Los sistemas de producción generalmente están diseñados para usarse durante el período de producción a régimen de la serie, que es cuando se alcanza el volumen máximo planificado (también conocido como producción madura), pero este diseño podría complicar, condicionar y limitar la propia fase de escalada. Por lo tanto, vale la pena realizar un análisis sistemático de las diversas fases (escalada y régimen) dentro de un solo sistema de producción y ver qué diferencias surgen. En este estudio, se citarán evidencias de la literatura científica para ilustrar las dificultades que conlleva la primera fase de un lanzamiento y las acciones que deben considerarse para mejorar los resultados durante la fase de escalada de producción. Cuando las compañías de automóviles alcanzan la nueva fase de escalada, hay poco margen para hacer modificaciones en las instalaciones o en el producto, y lo único que queda por hacer es cambiar o adaptar los modos

operativos establecidos para las operaciones directas. En este capítulo se argumenta como hipótesis que las condiciones de la fábrica encontradas durante la fase de escalada de la producción son completamente diferentes de las condiciones encontradas durante la fase de producción a régimen de la serie.

Para exponer el argumento anterior, el resto de este apartado está estructurado de la siguiente manera. Primero, se define y analiza el marco conceptual que sustenta los sistemas de producción europeos en el sector de la automoción, y concluye que todos ellos pueden analizarse bajo la definición de un sistema de producción único que llamaremos EPS (European Production System). El objetivo es retratar las diferencias en cómo se ejecuta el EPS tanto en la fase de producción a régimen de la serie como en la fase de escalada de la producción. En segundo lugar, al utilizar datos reales de un estudio de caso de una planta automotriz europea representativa, se analiza el rendimiento del EPS durante la fase de escala de la producción y se compara con el rendimiento durante la fase de producción a régimen de la serie. A continuación, el estudio presenta una serie de hechos y cifras relevantes para analizar las diferencias que ocurren durante ambas fases. Si esas diferencias son muy relevantes, el sistema de producción implementado durante la fase de producción a régimen de la serie no permitiría obtener con suficiente efectividad los resultados deseados durante la fase de escalada de la producción. Finalmente, se discuten los hallazgos encontrados en este caso y se proponen mejoras que aborden este problema, desde este enfoque.

5.2 SISTEMA PRODUCTIVO EN EL SECTOR DE LA AUTOMOCIÓN.

En este apartado se estudiará primeramente cual fue el desarrollo de los sistemas de producción en Europa y cuáles son sus principios fundamentales y, en segundo lugar, qué relación existe entre los sistemas de producción y el ciclo de vida de un producto.

5.2.1 SISTEMA DE PRODUCCIÓN EUROPEO: DESARROLLO Y PRINCIPIOS

Chapanis define un sistema de producción (PS) como "una combinación interactiva, en cualquier nivel de complejidad, de personas, material, herramientas, máquinas, instalaciones de software y procedimientos diseñados para trabajar juntos con un propósito común" (Chapanis 1996). Desde la época del taylorismo, se han desarrollado diferentes PS con la ayuda de las herramientas disponibles en cada momento y lugar. La influencia que ha tenido la presión social en el desarrollo de los PS también es importante (Jürgens 2003). Esto significa que los PS no solo deben centrarse en lograr la calidad o mejorar la productividad, sino también en mejorar las condiciones del puesto de trabajo.

En cuanto a los sistemas de producción europeos, la presión social en Europa hizo que las fábricas pasaran de los principios de producción en masa (basados en el sistema de Ford) a un entorno de trabajo más ergonómico basado en el empoderamiento de los trabajadores. El primer ejemplo de esto fue la fábrica de Volvo en Uddevalla, donde se estableció un nuevo PS en los años 80. Los tiempos de montaje ya no estaban predeterminados y el tiempo de ciclo tendía a ser de dos horas. Además, se estableció el trabajo en equipo (Jürgens 2003).

Toyota se hizo presente en Europa a partir de los años 70 mediante la cooperación con una fábrica en Ovar, Portugal, pero no intervino en el sistema de producción que la empresa ya tenía implantado. Toyota no estableció una fábrica propia en Europa hasta los años 90, cuando abrió una planta que utilizaba el sistema de producción de Toyota (TPS) en el Reino Unido. A partir del año 2000, los principios de TPS comenzaron a tener un impacto significativo en los fabricantes de automóviles europeos (Jürgens 2003), y como consecuencia, la mayoría de los sistemas de producción europeos actuales se basan principalmente en el TPS (Hudson 2002).

A diferencia de otras industrias globalizadas, la reorganización interna (a nivel de proceso, sistemas y organización del trabajo) y la reestructuración de la cadena de valor son muy homogéneas en la industria automovilística en todos los países en general (Banyuls and Lorente 2010; Chanaron 2004). Esto ha dado

como resultado que las empresas de ensamblaje de automóviles en Europa tengan sistemas de producción similares y modelos de producción estandarizados. Dada su similitud y el hecho de que sus diferencias son más en términos de grado de integración que en formas de realizar operaciones de trabajo (Belis-Bergouignan, Bordenave, and Lung 2000; Banyuls and Lorente 2010), se puede argumentar que existe un Sistema de Producción Europeo (EPS) que es análogo al TPS y utiliza los mismos siete principios (Bergenwall, Chen, and White 2012) con pequeñas modificaciones:

1. Crear un flujo continuo.
2. Usar el sistema “Pull”.
3. Nivelar la carga de trabajo.
4. Crear la cultura de parar para resolver problemas.
5. Utilizar tareas estándares para establecer la base para la mejora continua.
6. Utilizar el control visual.
7. Utilizar tecnología confiable y probada a fondo.

El desarrollo europeo de los principios de TPS, así como algunas de las diferencias significativas entre los dos contextos se describen en los siguientes párrafos.

En el primer principio “crear un flujo continuo”, el material y la información deben fluir rápidamente. Sin embargo, debido al hecho de que la industria automotriz en Europa tiende a subcontratar más componentes que la industria en Japón (Jürgens 2003) las cadenas de suministro tienden a ser más largas en Europa (Sako 2003) lo cual hace más difícil el flujo continuo.

El principio de utilizar sistemas “Pull” está relacionado con el hecho de que la dispersión de proveedores en todo Japón obliga a los japoneses a optimizar la cadena de suministro (Kaneko and Nojiri 2008). En Europa, la distribución de proveedores no fue un problema hasta la expansión en la década de 1990, cuando se establecieron nuevos emplazamientos de producción. La solución fue acercar a los proveedores a las nuevas plantas de producción para optimizar la cadena de suministro (Harwit 1993).

El principio de “nivelar la carga de trabajo”, está muy optimizado en Europa en referencia a los puestos de trabajo, sin embargo, las capacidades de los procesos han sido planificadas bajo la premisa de evitar una falta de flujo de material. Esto significa que la capacidad de producción disminuye a medida que avanza el proceso (Rössler 2014).

El EPS también difiere con respecto al principio de “construir una cultura de parar para solucionar problemas”. Las consecuencias de detener la línea difieren según sea la cantidad de mano de obra que es afectada por el paro. Los costes de una parada, como señalan Coffey y Thornley, son el coste laboral directo que puede imputarse al paro (Coffey and Thornley 2006). Parar para solucionar problemas solo se acepta parcialmente en Europa y se lleva a cabo en función de las consecuencias. Las líneas manuales largas sin almacenes intermedios se detienen con menos frecuencia que las líneas automáticas. Por ello, las largas líneas manuales en Europa suelen incluir trabajadores cualificados en el proceso para detectar posibles problemas durante la producción y resolverlos sin tener que parar la línea.

En Europa, el principio de "utilizar tareas estandarizadas" se utiliza para establecer una base para la mejora continua, pero también se permiten desviaciones (Rössler 2014).

La monitorización de los procesos (el principio de "uso de control visual") en Europa se lleva a cabo habitualmente con la ayuda de complejos sistemas de recopilación de datos, lo que requiere de un análisis de datos posterior (Rössler 2014). Una de las mayores diferencias entre TPS y EPS es que la tendencia en Europa es automatizar las operaciones para mejorar la productividad y la calidad. Mientras tanto, el TPS intenta optimizar las operaciones manuales para ayudar a los trabajadores a desempeñarse mejor (Coffey and Thornley 2006). Dada la mayor tendencia de la EPS a la automatización, se requieren mayores inversiones en tecnología en Europa que en Japón. Por ello, los gobiernos europeos crearon programas de ayudas con el objetivo de ayudar a la industria del automóvil a realizar las ingentes inversiones necesarias.

Al observar las diferencias entre los enfoques de EPS y TPS desde una perspectiva más general, una conclusión clara es que la EPS tiende a invertir más en equipos complejos, automáticos y rígidos, lo que se traduce en mayores tiempos de entrega en comparación con TPS, que utiliza sistemas más flexibles. Otra diferencia es que los equipos y trabajadores deben ser más cualificados con el fin de resolver problemas al instante. Esto significa que, en relación con el TPS, la capacidad de los equipos debe ser mayor y las existencias de seguridad deben ser mayores porque las líneas automáticas, complejas y rígidas tienden a detenerse con mayor frecuencia.

5.2.2 SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y CICLOS DE VIDA DEL PRODUCTO

El ciclo de vida de un producto, visto desde la perspectiva de un sistema de producción del sector de la automoción, presenta dos fases muy distintas, como se muestra en la Figura 4.

- Fase de escalada de la producción: este período comienza con el inicio de la producción del nuevo modelo (SOP) y finaliza cuando se alcanza la capacidad máxima de producción (Bultó, Viles, and Mateo 2018; Laurène Surbier, Alpan, and Blanco 2014). Antes del SOP, se construyen algunos vehículos pre-serie.
- Fase de producción en serie a régimen: este período comienza cuando se alcanza la capacidad máxima de producción y termina con el final de la producción (EOP).

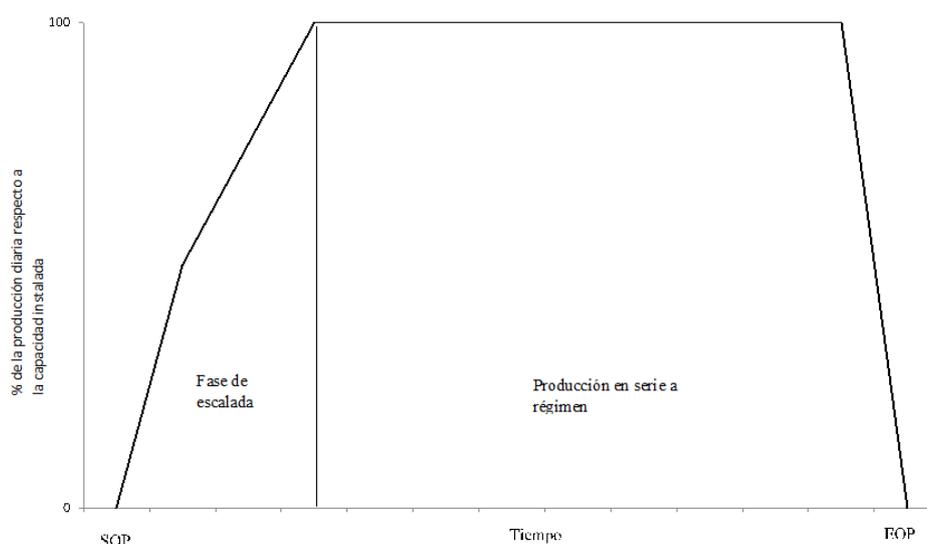


Figura 4. Ciclo de vida de un producto

En la práctica actual, el PS es el mismo durante todo el ciclo de vida del producto. Sin embargo, existen diferencias importantes en las condiciones operativas durante las fases de escalada de la producción y de producción en serie.

Estudiar la fase de escalada desde diferentes perspectivas y bajo diferentes ámbitos es un tema de investigación relevante, como demuestra el creciente interés de los investigadores (Bultó, Viles, and Mateo 2018). En particular, varios autores han centrado su investigación en las áreas relacionadas con los aspectos organizativos de los PS. Scholz-Reiter, Krohne y Leng abordan varios problemas en la fase de escalada, como la comunicación entre empleados y proyectistas, la clasificación de piezas, módulos y sistemas, y la organización de equipos para la resolución de problemas (Scholz-Reiter, Krohne, and Leng 2007). Los resultados de Tyre y Hauptman destacan la importancia de los esfuerzos intensivos de resolución de problemas para mejorar el lanzamiento de nuevas tecnologías (Tyre and Hauptman 1992). Weber y Yang señalan la relevancia de aumentar el volumen de manera oportuna para obtener grandes ganancias (Weber and Yang 2014). Basse, Sauer y Schmitt afirman que la flexibilidad y la escalabilidad son

factores clave para adaptarse a las condiciones tecnológicas cambiantes (Basse, Sauer, and Schmitt 2014), y Bohn y Terwiesch encuentran que la mejora del rendimiento es especialmente relevante durante los períodos de escalada (Bohn and Terwiesch 1999). Aunque investigaciones anteriores han analizado muchos factores que subyacen al incumplimiento del programa de producción estipulado, no han considerado si el uso del mismo PS durante la fase de escalada podría ser el problema. Solo Schuh, Gartzen y Wagner argumentan que el PS utilizado durante la fase de escalada debe ser lo suficientemente robusto como para evitar la acumulación de problemas (Guenther Schuh, Gartzen, and Wagner 2015).

Para responder la primera pregunta de investigación:

¿Son los Sistemas de Producción aplicados a la producción en serie a régimen los más indicados durante la fase de la escalada de producción en el lanzamiento de un nuevo modelo de automóvil? (P1) nos tendremos que preguntar primeramente qué problemas aparecen durante la fase de escalada en relación con los siete principios del EPS y qué nuevas situaciones aparecen en esta fase que pudieran explicar porque los objetivos marcados no son cumplidos.

5.3 EVIDENCIAS DE DESALINEACIONES CON EL SISTEMA PRODUCTIVO EN SU CONJUNTO EN LAS FASES DE LANZAMIENTO

Esta sección presenta los datos cuantitativos recopilados de la planta de producción seleccionada para el estudio de caso. Los principales indicadores diarios que monitorean la producción de automóviles de la planta son los siguientes:

- Cumplimiento de producción
- Cumplimiento del programa de producción semanal (automóviles producidos en la semana, frente a los planificados)
- Estado de los almacenes intermedios (material en flujo)

- Horas por unidad (cantidad total de tiempo necesario para construir un automóvil)
- Calidad
- Coches buenos a la primera

Los objetivos clave durante la fase de la escalada de la producción son la calidad y la producción; el coste y la productividad no son esenciales (Juerging and Milling 2006). Esto también es cierto en la fábrica en la cual se desarrolló el estudio de caso ya que tanto calidad como producción son los parámetros utilizados por la central para monitorear el éxito de esta fase, además de por los directivos de la fábrica para monitorear el desarrollo de toda la planta y de sus unidades. Además, su información facilita la retroalimentación rápida con fines de seguimiento. Por lo tanto, este análisis se centra en los objetivos clave, es decir: cumplimiento de la producción, calidad y coches buenos a la primera.

El análisis de datos mostrará las diferencias en los valores de los indicadores para estos tres objetivos clave durante las dos fases de producción diferentes.

5.3.1 CUMPLIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN

La tarea principal de una planta de producción es cumplir con el programa de producción diario. Todos los esfuerzos realizados deben dar como resultado coches terminados. En la fase de producción a régimen en serie, el programa de producción es estable o experimenta variaciones poco frecuentes, mientras que durante la fase de escalada la producción diaria solicitada aumenta día a día, en línea con la curva de escalada. La Figura 5 ilustra la curva de escalada de la producción planificada del nuevo modelo y la curva de desescalada del modelo antiguo para la planta de producción en estudio. La fase de puesta en marcha de la producción del llamado modelo 5 duró 28 semanas en el año 2009. No hay datos en la semana 17 porque fue de vacaciones.

El cumplimiento del programa de producción para el caso de estudio se calcula por semana. Si “Pr” representa las unidades producidas en un día y “Pp”

Evidencias de desalineaciones con el sistema productivo en su conjunto en las fases de lanzamiento

es la producción planificada para el mismo día, entonces el cumplimiento de la producción en una semana, “Ipp”, se calcula como se muestra en la ecuación (1).

$$Ipp = 100 \times \left(\frac{\sum_{i=1}^7 Pr_i}{\sum_{i=1}^7 Pp_i} \right) \quad (1)$$

En la fase de producción a régimen en serie, si “Ipp” es del 100%, significa que el cumplimiento de la producción semanal funciona perfectamente. La Figura 6 presenta el cumplimiento del programa de producción semanal real durante la fase de escalada de la planta en estudio.

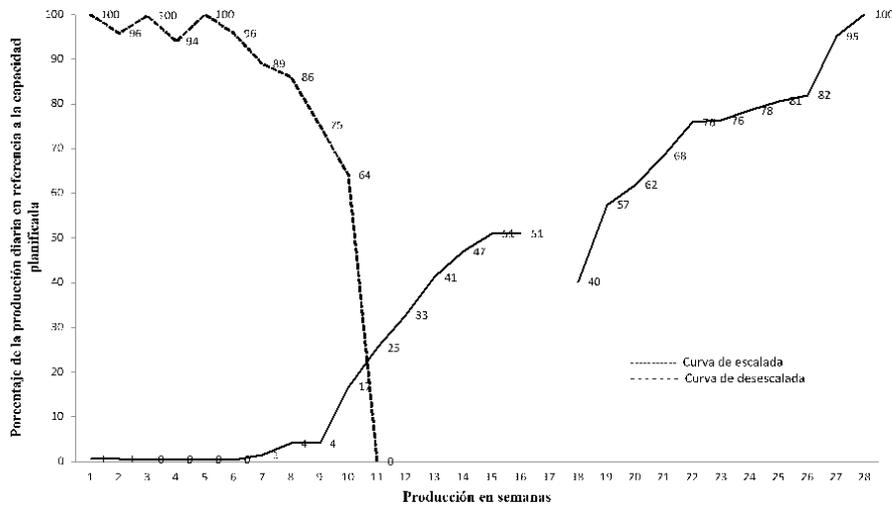


Figura 5 Curvas de escalada y desescalada planificadas

Evidencias de desalineaciones con el sistema productivo en su conjunto en las fases de lanzamiento

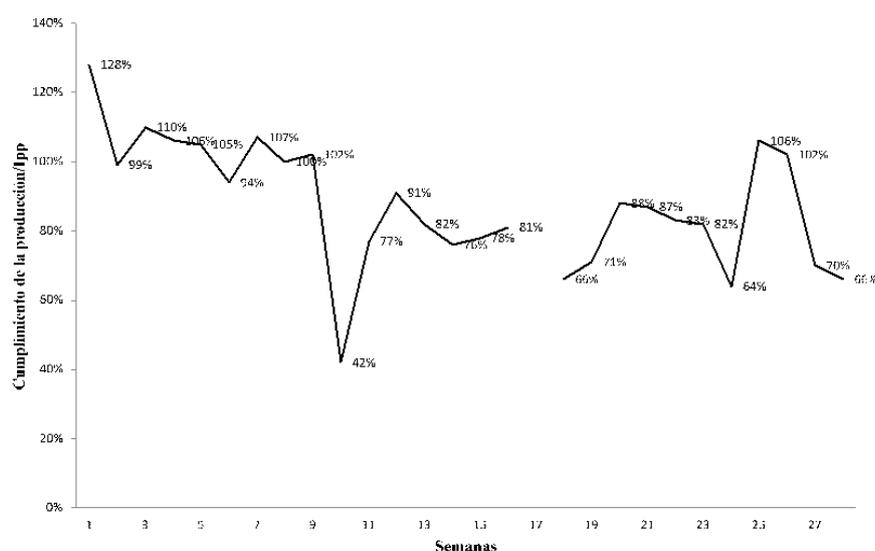


Figura 6 Cumplimiento del programa de producción semanal (Ipp) durante la fase de escalada

El programa de producción durante las primeras nueve semanas es muy bajo, por lo que se lo conoce como período de puesta en marcha (Jürging 2008). Como se observa en la Figura 6 durante el período de puesta en marcha, se cumplió con el programa de producción semanal, pero luego, después de la décima semana, el programa de producción aumentó drásticamente y ya no pudo ser cumplido, excepto en las semanas 25 y 26.

Los problemas que surgen durante la fase de escalada de la producción, y que se describirán más adelante en la Sección 5.6, no permiten cumplir con el programa de producción, que es lo que ocurrió durante la escalada de la producción en 2009. Específicamente, durante este aumento de producción, la información registrada en la planta mostró que chapistería fue el cuello de botella. Durante las semanas 25-26, un cliente externo (que directamente recibía las carrocerías producidas en chapistería) estuvo cerrado por vacaciones y no hubo necesidad de que chapistería enviara carrocerías del modelo antiguo a dicho cliente. Así, durante estas dos semanas, la planta tuvo más capacidad para

Evidencias de desalineaciones con el sistema productivo en su conjunto en las fases de lanzamiento

fabricar más unidades del nuevo modelo y, por lo tanto, montaje logró fabricar más coches (el Ipp aumentó al 100%)

5.3.2 CALIDAD

La calidad se mide a diario mediante auditorías de calidad. Estas auditorías, para el lanzamiento analizado, evaluaban una carrocería, una carrocería pintada y un automóvil terminado (ensamblado) mediante un sistema de evaluación de defectos (las puntuaciones más altas representan más defectos). El proceso de auditoría diaria tomaba varias carrocerías y autos terminados (un máximo de 4 por día) de la línea de ensamblaje y les otorgaba puntos de auditoría. El objetivo de la auditoría, que era el mismo para las carrocerías y los coches terminados, pasó de 1,5 al comienzo del aumento de producción a 1,2 un año después del inicio de la producción. La Figura 7 muestra las diferentes auditorías durante la fase de escalada en términos de las puntuaciones objetivo. Los datos faltantes en la Figura 7 no se encontraron entre los datos recopilados.

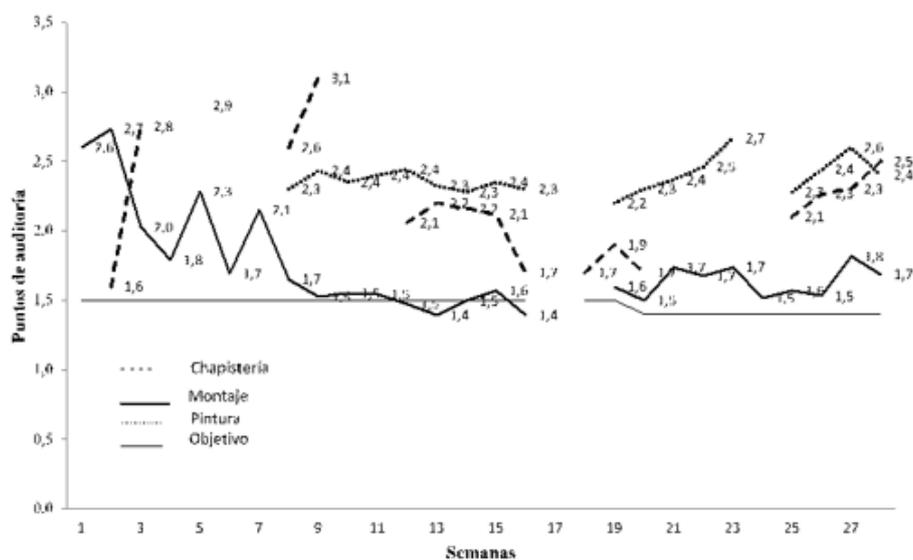


Figura 7 Evolución de las notas de auditoría durante la fase de escalada

En línea con lo explicado en el apartado anterior, los talleres de chapistería y pintura no estaban cumpliendo con el objetivo de la auditoría, aunque montaje estaba muy cerca del objetivo tras la fase de puesta en marcha. Los fallos de calidad iniciales suelen ser problemas nuevos, provocados por el uso de nuevas tecnologías o nuevos materiales o desequilibrios en las nuevas geometrías, cuya resolución es más lenta y compleja de lo habitual, haciendo casi imposible cumplir con el objetivo de calidad durante la escalada. En la fase de producción a régimen en serie, como se verá más adelante, la puntuación media fue de 1,3 tras siete años de funcionamiento.

5.3.3 COCHES BUENOS A LA PRIMERA

Los coches buenos a la primera (FRC, del inglés First Run Capability) es el porcentaje de carrocerías o automóviles que pasan al siguiente proceso sin estar sujetos a ninguna reparación. La Figura 8 presenta el FRC para el taller de chapistería, el taller de pintura, la sección de montaje y la sección de revisión final de la fábrica analizada durante la fase de escalada de la producción. Los datos del taller de chapistería no estaban disponibles en la fase de puesta en marcha, pero pasado este punto, el FRC era muy estable y bastante alto. El FRC en el taller de pintura y la sección de revisión final aumentó de manera constante durante toda la fase de escalada. La evolución del FRC para montaje fue diferente. Después de la fase de puesta en marcha, el FRC se redujo drásticamente, hasta aproximadamente la mitad de la curva de escalada de la producción. Después de ese punto, aumentó rápidamente. La consecuencia de un FRC bajo es que las carrocerías y los automóviles deben repararse. El FRC no es muy importante en la fase de arranque, pero cuando la curva aumenta se vuelve crucial para cumplir con el programa de producción y alcanzar las horas empleadas por unidad establecidas.

Evidencias de desalineaciones con el sistema productivo en su conjunto en las fases de lanzamiento

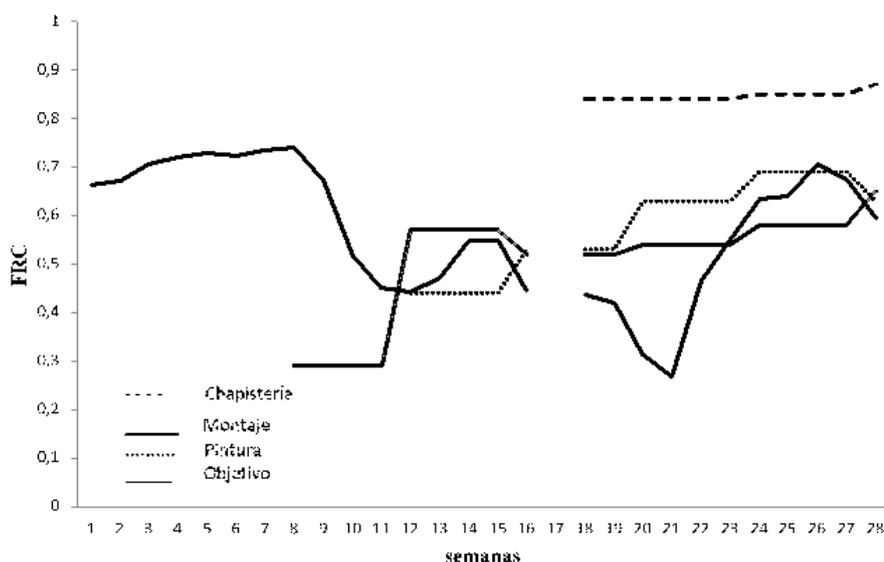


Figura 8 Evolución de los coches buenos a la primera durante la fase de escalada

En nuestro caso de estudio, después de siete años de operación, los FRC de las cuatro áreas fueron los siguientes: taller de chapistería = 94%, taller de pintura = 84%, montaje = 91% y revisión final = 95%. La diferencia entre la fase de escalada de la producción y la producción en serie a régimen, en este caso, fue enorme. La Tabla 3 resume los principales indicadores en diferentes momentos del ciclo de vida del vehículo.

Como complemento a estos datos, también se desprende de las conversaciones con la dirección de procesos que las mejoras realizadas en cualquier parte del sistema de la escalada de producción son para conseguir mejores resultados en la producción en serie. Por lo tanto, tener un buen conocimiento de todo el proceso de lanzamiento y sus interconexiones es relevante para priorizar las mejoras. Además, también mencionaron que los trabajos necesarios para gestionar y reparar un gran número de carrocerías y coches que se producen durante la fase de escalada deben organizarse de forma diferente a la habitual.

Los siete principios del EPS y como difieren entre la fase de escalada y la de producción de serie a régimen

Tabla 3 Los tres principales indicadores de producción y calidad durante la escalada de producción después de siete años de operación para las cuatro áreas (Ch = taller de carrocería; Pi = taller de pintura; M = ensamblaje; Rf = ensamblaje final).

		5 semanas después de SOP	15 semanas después de SOP	Final planificado de la escalada	7 años después de SOP
Cumplimiento del programa de producción		105%	78%	66%	101%
Calidad	Ch	2.9	2.1	2.5	1.4
	Pi	2.3	2.4	2.4	1.3
	Rf	2.3	1.6	1.7	1.3
Coches Buenos a la primera	Ch	-	-	57%	94%
	Pi	-	44%	65%	84%
	M	73%	55%	55%	91%
	Rf	-	77%	65%	95%

5.4 LOS SIETE PRINCIPIOS DEL EPS Y COMO DIFIEREN ENTRE LA FASE DE ESCALADA Y LA DE PRODUCCIÓN DE SERIE A RÉGIMEN

En esta sección, se comparan desde un punto de vista conceptual cada uno de los siete principios del Sistema de Producción Europeo en la fase de producción en serie frente a la fase de escalada de la producción. Específicamente, esta sección describe los eventos que se observaron durante la fase de escalada de la producción y que se anotaron en las entrevistas realizadas a los gerentes de proceso y producto. Los eventos descritos por los gerentes se han relacionado con los siete principios de EPS. Los datos de la entrevista están respaldados por citas de la literatura que corroboran los hechos observados y descritos para este caso.

5.4.1 CREAR UN FLUJO CONTINUO

El proceso de producción de un nuevo modelo se define en paralelo al desarrollo del producto, con la idea de crear un flujo continuo. El concepto de

almacén intermedio es universalmente aceptado, siempre bajo la premisa de que el primero en entrar es el primero en salir (FIFO) y mantener el stock lo más bajo posible. Sin embargo, en la planta del caso de estudio analizado, como fue observado durante la investigación, y confirmaron los gerentes, el proceso inicialmente definido para la producción en serie es modificado continuamente durante el ciclo de vida del nuevo modelo para mejorar la calidad, el coste, la producción y la productividad. Además, el coste y la productividad no son una prioridad durante la fase de escalada y no se fomentan los cambios que los mejoren durante dicha fase. Como consecuencia de esto se observa que las continuas modificaciones de proceso durante la fase de escalada de la producción no permiten el cumplimiento del principio EPS de “crear un flujo continuo”

Como demostraron Carrillo y Gaimon, el ciclo de mejora después de un cambio de proceso implica indiscutiblemente una pérdida de productividad (Carrillo and Gaimon 2000). Esto significa que, durante la fase de escalada de la producción, los cambios en el proceso podrían tener consecuencias graves (Milling and Jürging 2008) y solo deberían realizarse en casos extremos, como riesgo de lesiones personales o quejas de calidad previsibles de los clientes. Existe la posibilidad de llevar a cabo la estrategia de "copiar exactamente" de Terwiesch y Xu. Esta estrategia indica que, para tener una fase de lanzamiento correcta, los procesos deben estar lo más cerca posible del modelo predecesor (Terwiesch and Xu 2004). Sin embargo, el grado de aplicabilidad de esta estrategia no se ha demostrado en el contexto de la fase de escalada en una empresa de montaje de automóviles.

5.4.2 USAR SISTEMAS “PULL”

Todos los procesos intermedios tienen un objetivo de producción diario que incluye tanto la curva de escalada de la producción como la generación de stocks intermedios que en la SOP estaban vacíos. Eso significa que cada proceso intermedio funciona independientemente de los procesos anteriores y posteriores, deteniéndose solo si se logra la producción diaria o si no hay suficiente material o espacio en el siguiente almacén. Como se observó en esta fábrica, los almacenes intermedios y los parámetros de flujo de material estaban

bajo control en la fase de producción en serie, pero en la fase de escalada de la producción, el estado de la fábrica era completamente diferente. Los almacenes intermedios estaban vacíos y el nuevo flujo de material era escaso.

En un estudio de Meier y Homuth, se encontró que la puesta en marcha de nuevos equipos provoca pérdidas de producción que representan el 50% del total de incidencias durante el aumento de producción (Meier and Homuth 2007). Desafortunadamente, las incidencias durante la fase de escalada son difícilmente predecibles y, por lo tanto, el flujo de material y los almacenes intermedios tienden a estar llenos para evitar posibles faltas de material causadas por averías. En la estrategia de la escalada de producción “paso a paso” de Schuh, cada área de la fábrica se escala siguiendo su propia curva, por lo que es necesario aumentar las existencias de material en curso (Guenther Schuh, Gartzten, and Wagner 2015). En pocas palabras: “La estrategia paso a paso requiere una serie de almacenes intermedios dentro de las diferentes áreas, lo que es contrario al enfoque del diseño de una fábrica lean” (Guenther Schuh, Gartzten, and Wagner 2015).

5.4.3 BALANCEO DE CARGAS DE TRABAJO

A pesar del trabajo de preparación realizado durante la fase previa a la serie, la “línea se caracteriza por estar extremadamente desequilibrada durante la escalada” (Haller, Peikert, and Thoma 2003). El gerente de producto de la fábrica del estudio de caso explicó que las operaciones del proceso se podían realizar en el tiempo asignado, sin embargo, las desviaciones geométricas en las piezas y otras inconsistencias en la definición del producto dificultan la labor del operario, lo que produjo pérdidas en la producción. Estas dificultades solo se resolvieron incorporando mano de obra adicional, algo que también sugiere Almgren (H. Almgren 2000). De manera similar, instalaciones que no lograban dar la producción asignada trabajaban turnos adicionales.

5.4.4 CREAR CULTURA DE PARAR PARA RESOLVER LOS PROBLEMAS

El coste de parada (es decir, el coste de la mano de obra involucrada) (Coffey and Thornley 2006) es el mismo al comienzo de la fase de escalada que al final de la misma. Sin embargo, las conversaciones con el gerente de calidad de la planta mostraron que, al comienzo de la fase de escalada de la producción, la tasa de producción era baja y había tiempo para detenerse y analizar los problemas. Sin embargo, al final de la fase de escalada de producción, el tiempo era escaso y cada parada de línea significaba desviarse del objetivo de producción, y en ese momento los problemas se resolvieron con medidas temporales, tanto en términos de instalaciones como de producto, como Gross también sugiere (Gross 2014).

5.4.5 USAR TAREAS ESTANDARIZADAS COMO BASE DE LA MEJORA CONTINUA

La descripción de la tarea (subtareas, orden y tiempos) normalmente está disponible para los trabajadores antes de que se lance el nuevo modelo. Sin embargo, los trabajadores realizan las tareas de una manera particular, especialmente durante la fase de escalada de la producción, donde los cambios ocurren con bastante frecuencia. Los trabajadores buscan formas de optimizar las tareas y realizarlas fácilmente, y aunque este tipo de optimización puede mejorar la calidad o el tiempo de ciclo, a veces ocurre lo contrario. Por eso Pereira recomienda el uso de hojas de trabajo estándar, que enumeran las operaciones a realizar en cada trabajo. La implementación de estos estándares ayuda a evitar problemas que se deben a las acciones de un solo trabajador, que de otro modo dificultarían el análisis de la causa raíz (Pereira et al. 2016). Sin embargo, como se ha observado en la fábrica del caso de estudio, estos estándares a veces no se alcanzaron hasta el final de la fase de escalada de la producción.

5.4.6 USAR CONTROLES VISUALES

En Europa, existe una tendencia a utilizar la captura de datos complejos, como lo demuestra la gran cantidad de literatura que describe cómo tomar datos en línea de diferentes instalaciones y crear algoritmos complejos para controlar la producción o el mantenimiento (Levalle, Scavarda, and Nof 2013; Ho and Quinino 2012).

Los complejos sistemas de captura de datos (que se utilizan para detectar, analizar y resolver defectos en el proceso) deben estar actualizados para el nuevo modelo, lo cual no es una tarea fácil y generalmente hace que los datos que estén disponibles durante la escalada sean poco fiables, lo cual también ha sido observado durante la realización del caso de estudio.

5.4.7 UTILICE TECNOLOGÍA CONFIABLE Y PROBADA A FONDO

El lanzamiento de un nuevo modelo en Europa suele ser una plataforma para probar nuevos procesos de producción e innovaciones de productos. Cambiar los procesos de producción durante la fase de producción en serie a régimen generalmente significa realizar cambios en las instalaciones de producción, con el riesgo implícito de grandes pérdidas de producción. Además, los cambios de producto durante la fase de producción en serie son costosos, ya que se deben desarrollar nuevas piezas y luego someterlas al proceso de ensayos. Por el contrario, juntar nuevos procesos de producción e innovaciones de productos durante la fase de escalada no crea tal distorsión en términos de costes porque las pérdidas de producción mencionadas anteriormente ya están contempladas en la curva de escalada de la producción. Sin embargo, en términos de cumplimiento de la producción, todos estos cambios e innovaciones implican más dificultades para lograr la curva de escalada de la producción programada (Pufall et al. 2012).

La Tabla 4 presenta un resumen de las principales diferencias entre la producción en serie a régimen y las condiciones de la fase de escalada de la producción desde la perspectiva de los siete principios del EPS. Como se ha observado en esta sección, la producción a régimen en serie y las fases de escalada

Los siete principios del EPS y como difieren entre la fase de escalada y la de producción de serie a régimen

de la producción son fases de producción muy diferentes. Ésta es la razón de nuestra afirmación de que aplicar el mismo PS a ambas fases podría ser inadecuado y ser la causa de la falta de cumplimiento de los objetivos de calidad y de producción en la fase de escalada.

Los siete principios del EPS y como difieren entre la fase de escalada y la de producción de serie a régimen

Tabla 4. Diferencias entre las fases de producción en serie a régimen y de escalada de la producción para los siete principios del Sistema Europeo de Producción

EPS principios	Fase de producción en serie a régimen	Fase de escalada de producción	Soporte de la literatura
(1) Crear flujo continuo	Aparece a través de la optimización de los procesos y la mejora continua	Resulta difícil de conseguir debido a que los procesos no están optimizados	Carrillo y Gaimon, 2000; Milling y Jürging, 2008; Terwiesch y Xu, 2004
(2) Utilizar sistemas "Pull"	Sistema "Pull"	El sistema "Push" es el que impera	Meier y Homuth, 2007; Schuh, Gartzten y Wagner, 2015
(3) Balanceo de cargas de trabajo	Altamente optimizado	Extremadamente desbalanceado	Haller, Peikert, y Thoma 2003; Almgren, 2000
(4) Crear una cultura de parar para solucionar problemas	Es difícil debido a los altos costes de la parada de producción	Se puede al inicio de la escalada de producción	Coffey y Thornley, 2006; Gross, 2014
(5) Usar tareas estandarizadas como base de la mejora continua	Si	No, debido al continuo cambio de las hojas de trabajo estándar	Pereira et al. 2016
(6) Utilizar el control visual	Sistemas complejos de recogida de gran cantidad de datos	Los sistemas no están preparados y han de ser sustituidos por toma de datos manual	Levalle, Scavarda, y Nof, 2013; Ho y Quinino, 2012
(7) Utilizar tecnología confiable y testada a fondo	Si	No, el nuevo lanzamiento es usado para introducir nuevas tecnologías	Pufall et al., 2012

5.5 NUEVAS SITUACIONES EN LA FASE DE ESCALADA QUE DIFIEREN DE LA FASE DE PRODUCCIÓN EN SERIE

En Europa, las plantas de producción experimentan una transformación completa durante la fase de escalada de la producción. Según la definición de sistema de producción de Bruch y Bellgran, se deben combinar cuatro factores para obtener un PS: personas, materiales, equipos y procesos (Bruch and Bellgran 2014). Estos factores fueron examinados en el contexto de la fábrica donde se realizó este estudio de caso, enfocándose en la producción y la calidad. La descripción de estos factores se realizó con el director de producto y los diferentes responsables de procesos, y este ejercicio permitió identificar las nuevas situaciones que aparecen, en mayor o menor medida, en la fase de escalada de producción con respecto a la fase de producción en serie a régimen. Las nuevas situaciones identificadas ayudan a arrojar luz sobre las posibles causas que subyacen al incumplimiento de los objetivos durante la fase de escalada de la producción.

5.5.1 PERSONAS

Durante la fase de escalada de la producción, las personas de la empresa se enfrentan principalmente a cinco situaciones nuevas: (a) nuevos actores dentro de la empresa, como compradores y diseñadores, (b) nuevos proveedores, (c) nuevos equipos e instalaciones, (d) nuevos procesos de producción y (e) nuevos productos.

(a) Nuevos actores. En el contexto de este estudio, durante la fase de producción en serie a régimen, el producto sufre pocas modificaciones y los proveedores son estables. Además, hay poco contacto entre la planta de producción y los departamentos centrales, como compras y diseño. Por tanto, la relación entre los empleados de las fábricas y los diseñadores, compradores y proveedores es relativamente escasa. Sin embargo, durante el lanzamiento de un nuevo modelo, y en concreto durante la fase de escalada, esta situación cambia ya que se introducen nuevos proveedores y los empleados de la fábrica tienen que

Nuevas situaciones en la fase de escalada que difieren de la fase de producción en serie

colaborar más estrechamente con diseñadores y compradores. Además, debido a que la fábrica, en este caso de estudio, produce solo un modelo y el tiempo entre lanzamientos es largo, el personal está más acostumbrado a trabajar en condiciones de producción en serie a régimen que a trabajar en condiciones de fase de escalada en el lanzamiento. Las consecuencias de que las personas que tienen que trabajar juntas no se conozcan con suficiente profundidad, son que los procesos de transmisión de información, solicitudes de cambios de producto o modificaciones en las condiciones de entrega se alargan e incluso no llegan a materializarse. Teniendo en cuenta que estas solicitudes de cambio están encaminadas a optimizar la producción y la calidad necesarias para cumplir con la curva de escalada, encontramos bajo este hecho un obstáculo que dificulta el cumplimiento con los objetivos del lanzamiento del nuevo producto.

(b) Nuevos proveedores. En el caso concreto cuando hay nuevos proveedores, las relaciones de reciente creación y la falta de historia común provocan tiempos de reacción prolongados en situaciones normales, como cambios en las especificaciones de los materiales o correcciones geométricas de piezas, por la falta de comunicación fluida. Las diferencias en cómo se interpreta la información también pueden ser una desventaja. Por ejemplo, si el primer día de la semana es lunes para la empresa, pero domingo para el proveedor, habrá desalineaciones entre la entrega esperada y la real de los componentes. Aunque es común que haya un intermediario para compensar la falta de relación, los tiempos de reacción aún pueden ser largos y pueden ocurrir malentendidos.

En conversaciones con los responsables de la planta, uno de ellos señaló que "cuanto mayor es la continuidad con los proveedores entre modelos, menos problemas aparecen" y "un proveedor puede ser mejor que otro, pero trabajando con el mismo proveedor de forma permanente, nos permite a ambos, cliente y proveedor, conocer perfectamente las reglas del juego, siendo esto garantía de éxito".

(c) Nuevos equipos e instalaciones. La incorporación de nuevos equipos es un gran desafío para los trabajadores de mantenimiento. Las nuevas tecnologías significan que los empleados de mantenimiento necesitan nuevas cualificaciones,

Nuevas situaciones en la fase de escalada que difieren de la fase de producción en serie

cuya falta puede causar enormes pérdidas de producción. Debido a que los puntos de partida en los procesos de cualificación relevantes son diferentes y las personas tienen diferentes antecedentes, el plan de formación debe ser adecuado para cada persona y debe incluir aspectos teóricos y prácticos. El lado práctico es más difícil de manejar porque involucra errores que podrían resultar en grandes averías. En este caso, aprender antes de hacer puede evitar futuras pérdidas de producción más adelante en el proceso.

(d) Nuevos procesos de producción. El lanzamiento de un nuevo producto trae consigo nuevos procesos de producción y, dependiendo de la importancia del cambio tecnológico introducido en el nuevo producto, los nuevos procesos son más frecuentes. Los trabajadores de producción se enfrentan a nuevas tareas que deben asimilar, por lo que los tiempos de operación durante la fase de escalada son más largos. Además, cada vez más el mercado demanda productos más variados, lo que hace que los trabajadores se enfrenten a un mayor número de tareas diferentes. Por lo tanto, si sumamos el hecho de que los productos son más complejos y variados con la reducción del periodo de la escalada obtenemos como resultado errores operativos y productos ensamblados incorrectamente durante la fase de escalada de la producción.

(e) Producto nuevo. Como se mencionó anteriormente, los nuevos productos implican avances tecnológicos con los que el personal técnico no está familiarizado. Se agregan al vehículo nuevos equipamientos y funcionalidades y es responsabilidad del departamento de calidad el detectar productos no conformes y del de producción el repararlos. Las personas del departamento de calidad deben estar cualificadas para verificar el producto y deben comprender cómo funciona el mismo, del mismo modo que las de producción tienen que dominar las reparaciones. Una falta de formación en ambas plantillas genera un aumento de material defectuoso en flujo que impide el cumplimiento de la curva de escalada planificada.

5.5.2 MATERIALES

Los materiales de producción en una fábrica de automóviles tradicional son (a) materias primas (varios tipos de acero, aluminio y plástico), (b) piezas, (c) componentes y (d) módulos. Los materiales y sus requisitos se comparan a continuación para la fase de producción en serie a régimen y la fase de escalada de la producción.

(a) Materias primas. Las materias primas más utilizadas en una fábrica de automóviles son el acero laminado para prensar piezas para la construcción de la carrocería, el acero o aluminio para el bloque motor y diferentes plásticos para las piezas interiores y exteriores. Por ejemplo, los directivos hablaron de “plásticos que cambian de poliamida a poliacetal porque las piezas se rompen con el uso”, “cambios en la proporción de talco en plásticos para corregir desviaciones dimensionales”, “cambios en masillas estructurales para mejorar su comportamiento reológico y mejorar su aplicabilidad”, “cambios en la dureza de las espumas de los asientos para reducir la formación de arrugas en los tejidos”, etc. Las características específicas de las materias primas se prueban durante la fabricación de la primera pre-serie desde el punto de vista de la fabricación y el rendimiento en el acabado final del vehículo. Los cambios en las especificaciones de las materias primas son frecuentes durante el período de escalada, pero raros durante la fase de producción en serie a régimen.

(b) Las piezas fabricadas se ensamblan por primera vez durante la fabricación de la pre-serie. En ese momento, se encuentran y analizan muchos problemas de ajuste y se proponen medidas de corrección. Este proceso continúa hasta la fase de escalada de la producción.

(c) Componentes. Un componente está formado por un conjunto de partes previamente ensambladas y tiene una función específica en el automóvil. Un componente podría desarrollarse de forma interna o externa, aunque hoy en día, en el contexto de este caso de estudio, tienden a ser externos. Por ejemplo, los componentes electrónicos se importan comúnmente de Asia. La larga cadena de suministro que se requiere, en estos casos, debe crearse durante la fase de escalada, lo que significa que los cambios urgentes de producto llevarán tiempo, ya que previamente a la introducción del cambio, hay que consumir el circulante.

Nuevas situaciones en la fase de escalada que difieren de la fase de producción en serie

(d) Módulos. Módulos como el salpicadero o la puerta, están compuestos por una gran cantidad de conjuntos de piezas y componentes; se ensamblan por separado y finalmente se montan dentro o sobre el automóvil como una unidad completa. Pueden ser montados interna o externamente por un proveedor. El proceso de montaje es sencillo, pero al mismo tiempo complejo debido a la gran cantidad de combinaciones posibles existentes. Como consecuencia, durante la fase de escalada, se encuentran módulos que no corresponden con el coche en el que están montados. Además, una tarea importante durante el período de escalada de la producción es transferir los estándares de calidad de la fábrica a sus proveedores. Cualquier modificación de producto generalmente afecta a partes, piezas, componentes o módulos que encajan con otras adyacentes. Cuando la modificación afecta a varias piezas y componentes, se produce una gran dificultad para coordinar su introducción simultánea en el nuevo producto. Por esta razón, el proceso de gestión de la correspondencia entre piezas, componentes y módulos es bastante complicado durante la fase de escalada de la producción.

5.5.3 EQUIPAMIENTOS E INSTALACIONES

Como equipamientos de producción encontramos desde útiles de plástico que facilitan el montaje de piezas hasta troqueles de estampación, pasando por herramientas manuales o equipos automáticos. Para mejorar la productividad, las instalaciones de producción tienden a ser lo más automatizadas posible, lo que las hace más complejas. Como se mencionó anteriormente, el servicio técnico cualificado tiene gran importancia, no solo para la puesta a punto efectiva de las instalaciones, sino también para el diseño y la calidad de construcción de las mismas. Al mismo tiempo, el mantenimiento de las instalaciones durante los períodos de producción es crucial. Las desviaciones geométricas en las piezas que se ensamblarán en la planta de producción podrían hacer que el equipo funcione mal o incluso se rompa. Todos los fallos y problemas deben analizarse y resolverse durante la fase de escalada de producción. Cuanto mayor sea la capacidad de la fábrica para resolver problemas en las instalaciones y equipamientos, más fácilmente se cumplirá la curva de escalada.

5.5.4 PROCESOS

Los principales procesos de producción de una fábrica de automóviles, a saber, prensas, chapistería, pintura, montaje y revisión final, permanecen esencialmente iguales de un modelo a otro. Sin embargo, las especificaciones del producto, el grado de integración y las nuevas instalaciones de producción, incorporan nuevos procesos que, por lo general, se han probado de antemano y son fiables. Sin embargo, estos nuevos procesos, que se han probado en condiciones de laboratorio, no son los mismos que en los talleres de producción durante la fase de escalada de la producción de un nuevo modelo.

La Tabla 5 muestra las consecuencias que resultan de varios de los nuevos escenarios problemáticos que pueden surgir al lanzar un nuevo modelo y a cuál de los siete principios de EPS afecta. La confluencia de estos escenarios dificulta la aplicación de los principios de EPS durante la fase de escalada de la producción.

Nuevas situaciones en la fase de escalada que difieren de la fase de producción en serie

Tabla 5 Consecuencias de los nuevos escenarios al lanzar un nuevo modelo

PS factor	Nuevo escenario en la escalada	Consecuencias	EPS principio contravenido	
Personal	Nuevos actores	No se alcanzan los estándares de calidad Pérdidas de producción	Crear un flujo continuo	
	Nuevos proveedores	Pobre flujo de información	Crear un flujo continuo	
	Nuevas instalaciones y equipamientos	Pérdidas de producción	Parar para resolver problemas	
	Nuevos procesos de producción	No se alcanzan los estándares de calidad	Tareas estandarizadas	
	Nuevo producto	No se alcanzan los estándares de calidad Costes de retrabajos	Utilizar sistemas "Pull"	
Materiales	Cambios en la materia prima	Escasea la materia prima Costes de retrabajos No se alcanzan los estándares de calidad Pérdidas de producción para poner a punto las instalaciones con Nuevo material	Utilizar tecnologías fiables y probadas	
	Nuevas piezas	Costes de retrabajos Retrasos en la entrega de piezas	Tareas estandarizadas	
	Nuevos componentes	Costes de retrabajos Retrasos en la entrega de piezas	Crear un flujo continuo	
	Nuevos módulos	Costes de retrabajos Retrasos en la entrega de piezas	Tareas estandarizadas	
Equipamientos e instalaciones	Nuevas automatizaciones	Costes de retrabajo Retrasos en la entrega de piezas	Parar para resolver problemas	
Procesos	Nuevos procesos probados únicamente en laboratorio	Costes de retrabajos No se alcanzan los estándares de calidad	Tareas estandarizadas	

5.6 PROBLEMAS Y NUEVAS SITUACIONES QUE APARECEN CON LA ESCALADA DE PRODUCCIÓN Y SU CONEXIÓN CON LOS SIETE PRINCIPIOS DEL EPS

Las diferentes situaciones ocurridas durante la fase de escalada y la fase de producción en serie a régimen se describieron y analizaron desde la perspectiva de los principios que rigen el EPS para una planta de montaje de una empresa multinacional ubicada en el sur de Europa.

De manera resumida, este capítulo presenta datos cuantitativos de un caso de estudio que muestra que los objetivos de producción y calidad no se estaban cumpliendo durante la fase de la escalada de la producción. Los resultados también indican que la principal causa que llevó a que estos objetivos no se cumplieran durante esta fase de producción fue la gran cantidad de incidencias como la falta de procesos estandarizados de montaje y el hecho de que faltaran algunas partes del producto (se mencionan hallazgos similares por (Chen, Wang, and Lee 2011; Chaudhuri, Mohanty, and Singh 2013)), además existieron problemas de calidad y averías en las instalaciones, como también señalaron (Gopal, Goyal, and Netessine 2013) y (Helge Winkler, Heins, and Nyhuis 2007).

Por otro lado, muchos de los problemas importantes aparecidos durante la fase de escalada, y que también se han encontrado en la literatura, pueden analizarse desde el punto de vista de los siete principios de EPS (Flujo continuo, Sistema “Pull”, Carga de trabajo balanceada, Parar para solucionar problemas, Estandarización, Control visual y Tecnología probada), como se ha abordado en el apartado 5.4.

Finalmente, se han descrito varias situaciones nuevas que surgen durante la fase de escalada de la producción de un nuevo modelo y están relacionadas con las personas (nuevos actores dentro de la empresa como proveedores, diseñadores y compradores), materiales (nuevas piezas, componentes y módulos), instalaciones, equipamientos y procesos. Estas nuevas situaciones alteran los principios de la EPS y explican por qué no se alcanzaron los objetivos de desempeño en el caso de estudio analizado.

El análisis de estas situaciones en relación con la definición de los siete principios del EPS, permite identificar qué principios son más difíciles de cumplir durante esta fase y, posteriormente, proponer formas de flexibilizarlos.

La literatura existente sobre este tema ya ha sugerido formas de adaptar los sistemas de producción actuales para hacer frente a los desafíos de la escalada (G. Schuh, Desoi, and Tucks 2005; Henrik Almgren 1999; H. Almgren 2000). Kuhn identificó varios factores que afectan el desempeño de la escalada de producción y los agrupó en las siguientes seis categorías: desarrollo de productos, procesos de producción, organización y personal, logística, redes y cooperación y métodos y herramientas (Kuhn 2002). En general, las sugerencias de la literatura están en línea con estos factores, pero no se han relacionado con los principios de la EPS.

Además, debido a la gran cantidad de problemas que surgen durante la fase de escalada de la producción, algunos autores dicen que es necesario aumentar la capacidad de la empresa para resolver problemas durante la escalada de la producción, ya que eso dará forma a la curva de escalada (Gopal, Goyal, and Netessine 2013). Almgren propone tener en cuenta dos principios: máxima velocidad y apoyo organizativo. El principio de la velocidad máxima establece que los sistemas de producción siempre deben funcionar a la velocidad máxima; no se permiten velocidades intermedias. El principio de apoyo organizacional se refiere al desarrollo de una organización temporal, enfatizando la mejora de la capacidad de control y procesamiento de información durante la producción piloto y la puesta en marcha de la fabricación (Henrik Almgren 1999; H. Almgren 2000). Más sugerencias que se encuentran en la literatura son que el sistema de producción utilizado durante la fase de escalada necesita organizar a los trabajadores (Lanza and Sauer 2012), instalaciones y procesos con el fin de detectar, corregir y prevenir problemas de una manera más rápida y dinámica que en un sistema de producción en serie (Gross and Renner 2010; Gross 2014; Terwiesch and Bohn 2001). Esta es otra área donde las sugerencias de la literatura no se han relacionado con los principios de EPS. La novedad de este trabajo es analizarlos desde esta perspectiva, es decir, diseñar un sistema de producción contingente al nuevo contexto de la escalada de la producción de un nuevo modelo.

Problemas y nuevas situaciones que aparecen con la escalada de producción y su conexión con los siete principios del EPS

La gran cantidad de incidentes observados durante la fase de escalada del caso de estudio detuvo la línea de producción con bastante frecuencia, lo que significó pérdidas de automóviles al final de la línea de montaje. Este hecho va en contra del primer principio del EPS (Flujo continuo) y también cuestiona el principio cuatro (parar para solucionar problemas). De acuerdo con estos principios, las paradas en la línea para resolver problemas no deberían ser muy frecuentes; sin embargo, en la fase de escalada de la producción las paradas fueron, y son habitualmente más frecuentes y prolongadas debido a la complejidad de los nuevos problemas.

Estos hechos muestran que el principio de flujo continuo es resistente a las paradas habituales que se producen durante la fase de producción en serie a régimen, pero es inadecuado para soportar las paradas derivadas de la fase de escalada de la producción. De manera similar, mantener el mismo EPS para ambas fases de producción lleva a los gerentes de fábrica y a los trabajadores a intentar resolver problemas extraordinarios con métodos y recursos similares que están disponibles para resolver problemas ordinarios. En la fase de escalada se produce un crecimiento exponencial de los problemas derivados de los cambios introducidos. Este crecimiento es el resultado natural de transformar el concepto (idea) del nuevo modelo en un producto que se pueda producir y vender eficientemente. El volumen de los problemas en la fase de escalada es inasumible con los recursos y personas disponibles en el sistema de producción en serie a régimen.

Por lo tanto, la experiencia y las observaciones de los autores en este caso de estudio sugieren que para resolver este problema es necesario aumentar la capacidad de los trabajadores para realizar mejoras y agregar nuevas existencias a fin de adaptar el sistema de producción a las condiciones de escalada. Por un lado, incrementar la capacidad de los trabajadores implica más recursos (tiempo y / o personas) para encontrar la mejor forma de solucionar los problemas que se presentan en esta fase. Por otro lado, para no interrumpir el flujo continuo, también es necesario equipar el sistema con almacenes intermedios adicionales

que desacoplen los procesos, evitando así que las incidencias relacionadas con un proceso afecten al siguiente. Con ese fin, una solución sería pasar de un sistema de producción más orientado a “tirar” en el período de producción en serie a régimen (sistema Pull) a un sistema “empujar” (sistema Push) en la fase de escalada de la producción.

5.7 PROPUESTAS DE MEJORA PARA ABORDAR ESTE PROBLEMA DESDE ESTE ENFOQUE

Dado lo anterior, se sugieren una serie de cambios en el sistema de producción para la fase de puesta en marcha o escalada. Los cambios propuestos son:

(1) Cambiar el principio de flujo continuo como una restricción durante esta fase a un objetivo a conseguir al final de la fase de escalada. Durante esta fase se admite como válido el flujo discontinuo.

(2) Cambiar el sistema “Pull” como restricción durante esta fase a un objetivo a cumplir al final de la misma. La inestabilidad de los procesos conducirá a continuos desabastecimientos entre procesos si se utiliza un sistema “Pull”. Por lo tanto, un mejor enfoque sería utilizar un sistema “Push” al principio con el objetivo de que una vez completada la fase de escalada pueda ser “Pull”

(3) Incrementar sustancialmente la capacidad del sistema de producción para parar y resolver problemas en la fase de escalada versus en la fase de producción en serie a régimen. Se trata de construir una nueva capacidad para resolver el inmenso volumen de problemas derivados de la fase de la escalada. Para aprender, es mejor detenerse y hacer un análisis profundo que continuar sin tener conocimiento del problema específico, especialmente al principio. Se necesita más capacitación de los trabajadores para prepararlos para un entorno lleno de problemas durante la fase de escalada.

El objetivo práctico de las dos primeras propuestas de mejora es acercarse gradualmente al flujo continuo aumentando la capacidad de los almacenes intermedios al comienzo de la fase de escalada de la producción (de acuerdo con

los datos que se muestran en la Figura 6 en la sección 5.3.1, este aumento podría iniciarse después del período de puesta en marcha donde el programa de producción es muy bajo) y luego ir disminuyendo esta capacidad hasta ajustarlos a las condiciones de la fase de producción en serie a régimen. Esto podría lograrse mediante el desarrollo de un plan de existencias flexible con tamaños iniciales de inventario de almacenes intermedios que se reducirían con el tiempo al tamaño establecido para la fase de producción en serie a régimen al final de la curva de escalada. Los períodos específicos de reducción de los inventarios podrían fijarse habiendo identificado previamente los intervalos de tiempo significativos de la curva de escalada para realizar estas adaptaciones de los inventarios y habiendo comprobado si los objetivos de la fase de la escalada de la producción pueden ser cumplidos. Estas ideas deben probarse primero utilizando técnicas de simulación en una instalación adecuada. El objetivo de este estudio de simulación sería proporcionar pruebas sólidas de que dicho cambio puede mejorar el rendimiento de la escalada, teniendo en cuenta el hecho de que el aumento de los almacenes intermedios en las primeras etapas también puede generar costes elevados debido a la evolución del estado de calidad del producto de las piezas fabricadas en ese momento que puede derivar en material obsoleto. Por tanto, la simulación debe ir acompañada de un estudio de estimación de costes. De acuerdo con las características del sistema que se simulará en este estudio (un sistema discreto, dinámico y estocástico), la simulación discreta podría ser un enfoque apropiado.

En relación con la tercera mejora, la adaptación del principio EPS “Construir una cultura de parar para solucionar problemas” también hace necesario, desde el punto de vista metodológico, abordar qué elementos debe tener la formación de los trabajadores para:

- establecer un nivel básico de improvisación y creatividad entre los trabajadores, como sugiere (Gross 2014), y al mismo tiempo,
- incluir una forma eficaz y eficiente de organizar los recursos para evitar grandes retrasos en la ejecución del plan de producción, teniendo en cuenta tanto la composición de los equipos de resolución de problemas como la asignación de problemas a estos equipos.

Propuestas de mejora para abordar este problema desde este enfoque.....

Esta mejora está orientada a incrementar la capacidad de la organización para resolver problemas mediante el uso de personas especialmente capacitadas para lograr este objetivo y organizadas en equipos, definiendo claramente las responsabilidades dentro y entre estos grupos. Al mismo tiempo, sería necesario definir una estrategia adecuada para asignar los problemas a los equipos para prever cuellos de botella en el proceso de resolución de problemas.

Con estas mejoras, otros principios de EPS que se aplican a la producción en serie, como el uso de tareas estandarizadas o la nivelación de la carga de trabajo, también podrían verse afectados de manera positiva para mejorar el rendimiento de la fase de escalada de la producción.

Propuestas de mejora para abordar este problema desde este enfoque.....

ORGANIZACIÓN DE EQUIPOS DE MEJORA CONTINUA

En el lanzamiento de un modelo, una vez pasadas las fases de diseño de producto y de proceso, tras la realización de las pre-series del nuevo modelo y pasada la fase del “start-up” (Jürging 2008; H. Almgren 2000), nos encontramos frente a un fuerte incremento de volumen diario de coches nuevos que deben ser realizados y que ha de ser superado cumpliendo los objetivos de calidad impuestos para la fase de escalada del lanzamiento. Sin embargo, llegado este momento, no todos los problemas detectados durante la fabricación de las pre-series han sido resueltos y lo que es peor, aun no se han detectado problemas que aparecerán con el aumento de volumen o con la introducción de nuevas variantes del producto a lanzar. La fábrica, responsable de lanzar el nuevo modelo, es responsable de detectar y eliminar todos los obstáculos que impiden el cumplimiento del volumen de producción, la calidad y los costes planificados.

6.1 INTRODUCCIÓN

Los obstáculos que una fábrica de automóviles tiene que sortear para llegar a cumplir sus objetivos durante la escalada de producción son de distinta índole y estos han sido enunciados en diferentes publicaciones. En el apartado 2.2 damos cuenta de las distintas temáticas que a lo largo de los años se han ido abordando en relación al problema de los lanzamientos. Algunas de las consecuencias que dichos problemas pueden generar, las cuales, dificultan la obtención de las metas marcadas para la escalada, son las siguientes:

La calidad de las materias primas o de las piezas que van a ser montadas pueden causar una falta de material en la línea y, en consecuencia, una parada de

producción o bien una falta de calidad del producto final que podría ser reparado con los consecuentes costes o en el peor de los casos que se podría escapar al cliente final (Blum et al. 2014). Las mismas consecuencias pueden producir unos procesos poco robustos que ofrezcan finalmente un producto variable en sus dimensiones geométricas (D Ceglarek and Jin 2004; D. Ceglarek et al. 2004).

Un desarrollo del producto que o bien no tenga la calidad necesaria, o que solo esté enfocado a un diseño atractivo del producto puede provocar fallos de concepto que deriven en dificultades de ensamblaje y, en consecuencia, altos costes de manufactura. Durante el desarrollo del producto se han de tener en cuenta todas las áreas involucradas en la futura fabricación y comercialización de nuevo modelo (Chung, Chan, and Ip 2010).

La formación en el nuevo producto, en los nuevos procesos y en las nuevas instalaciones es fundamental para evitar infinidad de problemas de producto no conforme, averías en las instalaciones o incluso graves roturas en las mismas causadas por operaciones incorrectas sobre las mismas (Von Hippel and Tyre 1995). En la actualidad existen métodos virtuales que pretenden sustituir la formación práctica sobre las instalaciones o vehículos, pero como relata Hermawati siempre será necesaria la práctica sobre las pre-series (Hermawati et al. 2015).

Para conseguir que el personal de producción llegue a la línea lo más formado posible, se ha desarrollado una formación fuera de línea, que consiste en reproducir las condiciones físicas de una fase determinada de producción en una zona separada llamada centro de entrenamiento donde los operarios pasan obligatoriamente para entrenar la operación que posteriormente deberán realizar en la línea, reduciendo así el tiempo de formación en la misma (Osterrieder 2017). Por otro lado, esta práctica tiene otra ventaja: nuevos problemas de montaje son detectados en el centro de entrenamiento adelantándose a la fabricación de las pre-series.

Las modificaciones de producto durante la fase de la escalada son síntoma de que no se ha invertido suficiente en la fase de desarrollo, o que la ingeniería simultánea no ha funcionado como debiera (Milling and Jürging 2008). Sin

embargo, son necesarias para la resolución de problemas y la consecución de los objetivos de la escalada, aunque a su vez su implementación en el producto puede conducir a errores operativos. Para evitar los errores en la introducción de cambios de producto, es necesaria una gran labor de coordinación entre departamentos (Scholz-Reiter, Krohne, and Leng 2007).

La cantidad de problemas existentes en el inicio de la escalada son inversamente proporcionales a los recursos invertidos en la fase de desarrollo de producto y procesos (Carrillo and Franza 2006). La velocidad en la resolución de dichos problemas es factor fundamental en el cumplimiento de los objetivos de producción, calidad y costes planificados, y dicha velocidad se generará mediante la disposición de recursos y la organización de los mismos.

En este capítulo se presenta el resultado de la investigación en acción desarrollada en la planta de producción estudiada con el fin de demostrar la importancia que tiene el reforzar el sistema de mejora continua para agilizar la resolución de problemas. Como resultado de esta investigación se presenta también una propuesta de organización para los equipos de mejora continua durante la fase de escalada.

6.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

La empresa donde se realizó la investigación en acción es la misma en la que se desarrolló el caso de estudio ya presentado, pero con un desfase en el tiempo. El caso de estudio presentado se realizó durante el lanzamiento del modelo 5 y pasados seis años se inició esta investigación en acción con el lanzamiento del modelo llamado 7, entre ambos hubo otro lanzamiento, pero con modificaciones menores, el 6. Como muestra la Figura 9.

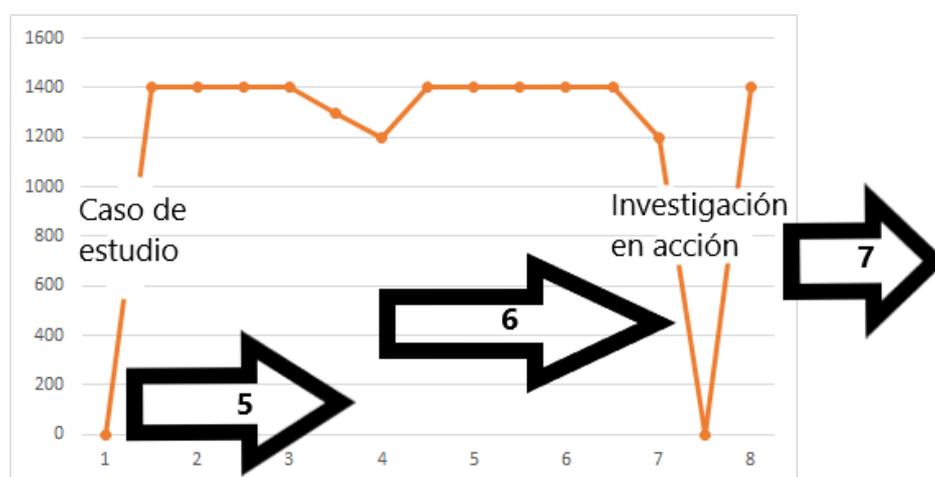


Figura 9 Ciclos de vida de los modelos 5, 6 y 7 y localización temporal de la investigación

En el momento del lanzamiento del modelo 5 no existía una estructura clara de análisis y búsqueda de soluciones y fue durante los siguientes años cuando se estableció el llamado “Proceso de eliminación de problemas” (PEP) con el objetivo de reducir defectos de calidad en cliente. Este nuevo proceso vino impulsado por la central y todos los centros productivos globales debían implementarlo de una manera estándar.

Las áreas encargadas de propiciar el cambio, tanto en la central como en las fábricas, fueron las áreas de calidad y de la nave piloto. El proceso de cambio fue lento. El primer paso consistía en clasificar los problemas. El sistema general dividía el coche en zonas delimitadas física o tecnológicamente y para cada una de ellas se debía formar un equipo multidisciplinar encargado de tratar los problemas relativos a las mismas. Además, se generaron otros grupos que tratarían problemas funcionales, como pueden ser ruidos o entradas de agua en el habitáculo. Como resultado de este proceso se creó una estructura matricial para la resolución de problemas como se puede ver en la Figura 10.

Posteriormente, se desarrolló un plan de formación de la plantilla para poder trabajar sobre el sistema de gestión de problemas (SGP). Este sistema, que consistía en una base de datos y sistema de comunicación ligado al correo

electrónico, era un sistema pesado de manejar y hubo resistencia para su utilización.

Finalmente, para facilitar su uso, se establecieron las reglas de juego del tratamiento de los problemas que a continuación se detallan.

Las hojas de problemas eran generadas en el SGP por una serie de personas que por su trabajo detectaban habitualmente problemas, como pueden ser trabajadores pertenecientes a las áreas de producción o calidad. Dichas personas habían recibido la formación como usuarios del SGP. Al generar una hoja de problemas se debía incluir el nombre de la persona que lo debería resolver. Estas personas eran representantes de cada área funcional de la fábrica que también habían recibido la formación sobre el SGP.

Los problemas que no eran resueltos en plazo, o problemas que por su complejidad no podían ser asignados a una única persona se llevaban a una reunión semanal de seguimiento del PEP donde participaban los responsables de calidad y nave piloto, así como todos los portavoces de los equipos multidisciplinares tomándose decisiones respecto a los problemas. Dichas decisiones consistían en adjudicar algún problema a los equipos multidisciplinares, cerrar hojas conflictivas o tomar medidas organizativas que contribuyeran al buen funcionamiento del PEP.

Se realizaron muchas reuniones con toda la fábrica para conseguir poner en funcionamiento el sistema y vencer la forma individualista de trabajo que venía de los años anteriores. Había un control semanal de asistencia a las reuniones de equipo multifuncional y posteriores alertas a los responsables de los absentistas.

Se puede decir que el año previo a la investigación en acción realizada como parte de esta tesis, el PEP estaba establecido y funcionaba de una forma fluida para la serie con el modelo seis. Los índices de funcionamiento de dicho año se presentan en la Tabla 6.

Participantes		Equipos multifuncionales										
		Frontal	Trasera	Puertas	Interior/ Exterior	Cableado	Electrónica/ Eléctrica	Estanquidad	Ruidos	Otros Equipos		
Producción	Prensas	Valenciano	Valenciano	Valenciano	Valenciano							
	Chapistería	Olalde	Armenandariz	Olalde	Olalde							
	Pintura											
	Montaje	J. Arana	A.Sánchez Altiz			J. Arana	A. Sánchez Altiz	J. Arana	J. Arana	J. Arana		
	Motores			Jaime		Goiñi		Jaime	Jaime			
	Revisión Final	Lerma	Lerma	Lerma	Lerma	Lerma	Lerma	Lerma	Lerma	Lerma		
	Planificación	M. Arruñedo (Montaje)	J. Ramiro	J. M. Navarro	J. Arriola (Montaje)	I. Ronda (Motores)	L. Eguaras (Montaje)	C. Fdz. Eraso	C. Fdz. Eraso	C. Fdz. Eraso		
	Nave Piloto	Goicoechea	San Roque	Oses	García Bados	Lopez Goya	Ubierna	Ruiz	Ruiz			
	Calidad	M. Vidaurreta	A. Osinalde	J. Cabodevilla	M. Fernandez	F. Agüero	J. M. Alvarez	J. Aramendia	J. Aramendia			
	Calidad piezas de compra	J. Nairo	O. Rodriguez	M. Aguirre	J. Peralta	I. San Martin	J. L. Carrero	E. Juango	S. Bou			
Calidad Completo	Centro de análisis	F. Pastor	De La Osa	A. Gonzalez	B. Rodríguez P. Esparta							
	Sala de medición	D. Ezcurra	Fdez. Arzaya	Beorlegui	Nicolas	*	*	*	*			
	Coche	Pietrucha*	Pietrucha*	Pietrucha*	Pietrucha*	*	*	*	*			
	Laboratorio	Romero*	Romero*	Romero*	Romero*	Romero*	Romero*	Romero*	Romero*			
Áreas de apoyo	Centro de pruebas	*	*	*	*	I. Muro	I. Muro	S. Aldaz	C. Fernandez			
	Desarrollo técnico											
	Compras											
	Logística											

* A. disposición del grupo si fuera necesario

Portavoz del equipo funcional

Figura 10 Equipos multifuncionales

Tabla 6 Número de problemas tratados en gestión de problemas y en el proceso de eliminación de problemas referidos al modelo 6 el año anterior a comenzar la investigación en acción

	Abiertos en el año	Cerrados en el año	Días medios hasta cierre
Problemas Totales en SGP	223	252	
Problemas Tratados en PEP	2	12	65

La sistemática de tratamiento de problemas para la fase de lanzamiento del nuevo modelo (modelo 7) se entendía que iba a ser una prolongación del vigente.

6.3 NUEVA PROPUESTA PARA LA GESTIÓN DE LA MEJORA EN LA FASE DE LANZAMIENTO

Con la experiencia acumulada en los últimos lanzamientos y con objeto de mejorar los resultados obtenidos en cuanto al cumplimiento de los objetivos de producción, calidad y costes, el equipo investigador desarrolló una encuesta para recabar información de los principales actores del lanzamiento del modelo 5. Para llevar a cabo la encuesta se siguieron los cuatro pasos necesarios para obtener unos resultados de calidad.

- Diseño de la encuesta
- Desarrollo del instrumento de la encuesta
- Ejecución de la encuesta
- Recolección de datos y análisis

6.3.1 DISEÑO DE LA ENCUESTA

El objetivo de la encuesta era encontrar cuales habían sido las causas de que el lanzamiento 5 se alejara tanto del cumplimiento de las metas fijadas. Más concretamente se quería enfocar a la fase de las pre-series y de la escalada, ya que la fase de preparación estaba llegando a su fin y se quería actuar en el lanzamiento

del modelo 7. También se decidió que dicha encuesta debía ofrecer una visión multidisciplinar dentro de la empresa, no se quería ver únicamente la visión del área de producción o de producto sino por el contrario abarcar todas las áreas de la empresa. Por ello se decidió hacer una sencilla pero amplia encuesta.

Las preguntas que se realizaron fueron:

- Desde su punto de vista en su área de trabajo ¿Cuáles fueron las mayores dificultades que se encontró a la hora de realizar su trabajo?
- ¿Cuáles pueden ser las causas de dichas dificultades?
- ¿Qué se hubiera podido hacer para atenuarlas durante la fase de escalada?

Y la población encuestada sería toda la plantilla directiva que ronda las 100 personas.

6.3.2 DESARROLLO DEL INSTRUMENTO DE LA ENCUESTA

Se decidió que la encuesta debería ser anónima para de esta forma encontrar repuestas más sinceras, más críticas y que acercaran más fielmente a la realidad. Sin embargo, era importante saber de qué área de la empresa provenían las repuestas, por ello se introdujo una casilla a tal fin.

La empresa realizaba anualmente una reunión que duraba un día y medio donde todos los directivos se reunían para tratar la estrategia de la fábrica. Se pensó que esa podría ser una muy buena oportunidad para que, tras una charla motivadora del responsable de producto, se llevara a cabo la encuesta que tendría una duración de cinco minutos.

6.3.3 EJECUCIÓN DE LA ENCUESTA

Llegado el día se prepararon una hoja con las tres preguntas y la casilla para escribir el área de proveniencia y tras la alocución del responsable de producto se repartieron las hojas y se dejaron cinco minutos para la encuesta.

Una vez terminada, el personal se retiraba a una pausa y dejaba la hoja para su recogida.

6.3.4 RECOGIDA DE DATOS Y ANÁLISIS

Se recogieron un total de 97 hojas rellenas, se puede decir que contestó a la encuesta prácticamente toda la población. A continuación, se clasificaron por las respuestas de la primera pregunta “¿Cuáles fueron las mayores dificultades que se encontró a la hora de realizar su trabajo?” y se detectaron los siguientes grupos:

1. Cambio de planificación constante
2. Falta de medios
3. Metas no cumplibles

En cuanto a la segunda pregunta “¿Cuáles pueden ser las causas de dichas dificultades?” Las respuestas se agruparon en dos grupos:

1. Los problemas se alargan en el tiempo
2. Falta de planificación

Para finalizar con la última pregunta “¿Qué se hubiera podido hacer para atenuarlas durante la fase de escalada?” resultaron dos posibles medidas:

1. Mejorar la organización en la resolución de problemas
2. Dotar de más medios

No se pudo ver con claridad la relación de las respuestas con las áreas por el contrario se observó una homogeneidad entre áreas. Resaltó el hecho de que la frase “reducir dobles trabajos” se repitió con frecuencia. La encuesta ofreció un resultado lógico: si se llega a la fase de la escalada con muchos problemas no queda más remedio que no perder el tiempo y dotar de más medios. Cada una de las respuestas fue estudiada en detalle para encontrar una visión más cualitativa del pensar general de los directivos. Los resultados se discutieron con los responsables de las áreas.

6.4 DESARROLLO DE UN NUEVO MODELO ORGANIZATIVO PARA LA GESTIÓN DE LA MEJORA CONTINUA DURANTE LA FASE DE LANZAMIENTO

Una vez analizados los resultados de la encuesta nos reunimos con un miembro de la nave piloto muy experimentado en los sistemas de seguimiento de problemas y muy familiarizado con los lanzamientos. Conjuntamente se estableció un plan de acción para encontrar una organización capaz de resolver de una forma eficiente la cantidad de problemas esperados en la próxima escalada de producción. Este plan consistió en los siguientes pasos:

1. Clasificación de problemas
2. Definición de equipos de mejora continua
3. Asignación de problemas
4. Seguimiento de problemas
5. Mecanismos de escalación

A continuación, se expondrá el nuevo modelo organizativo para la gestión de la mejora continua

6.4.1 CLASIFICACIÓN DE PROBLEMAS

En una fábrica existen responsabilidades y asignación de trabajo claros. Sin embargo, existen otras responsabilidades que se difuminan entre áreas, departamentos e incluso entre empleados. El objetivo principal de la clasificación de problemas fue separar los problemas que están claramente asignados a algún ente determinado que actúa generalmente de una manera autónoma, de aquellos problemas que aparecen en un lanzamiento y que su asignación puede ser difusa. Para ello, se acudió a la definición de qué es un problema que debe de ser tratado de una forma especial y qué es una tarea que debe ser ejecutada. Llegando a la definición que se recrea en la Figura 11.

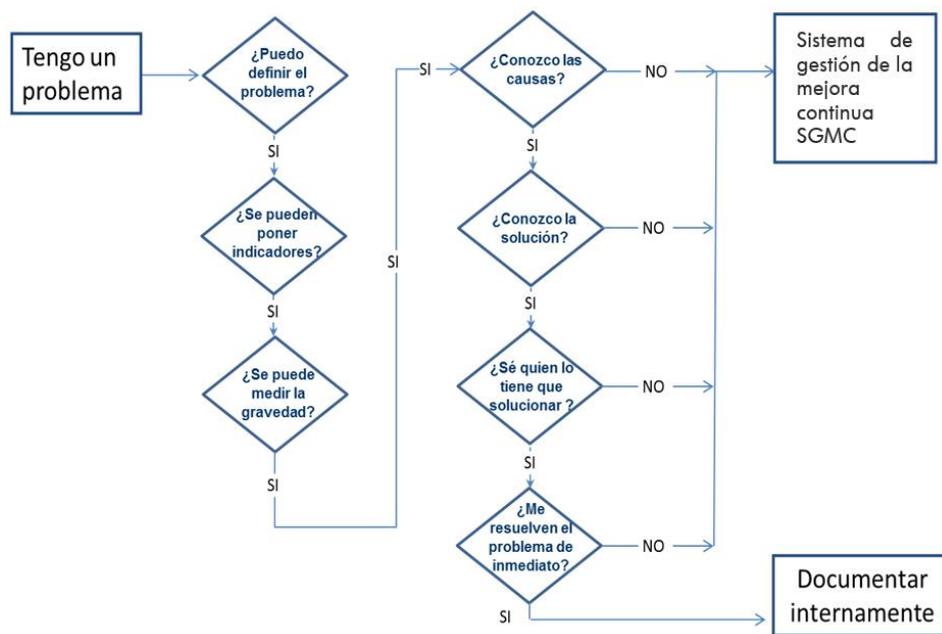


Figura 11 Árbol de decisión y clasificación de los problemas

Con este sencillo árbol de decisión se limitan las características mínimas que debe reunir un problema para serlo: poder ser descriptible y ser valorada su evolución y gravedad, además de separar el trabajo diario, de los problemas que requieren entrar a formar parte del sistema de gestión de la mejora continua (SGMC).

6.4.2 DEFINICIÓN DE LOS EQUIPOS DE MEJORA CONTINUA

Para definir los equipos de mejora continua es necesario disponer de tres informaciones previas, qué cantidad de personal cualificado se puede disponer para resolver problemas, qué diferentes tipos de problemas pueden surgir y qué medios físicos son necesarios para la resolución de los mismos.

Una vez disponible toda la información y teniendo en cuenta el funcionamiento de serie y la experiencia en el anterior lanzamiento se definieron

y dimensionaron los grupos. En la Figura 12 se puede ver la estructura de los equipos multidisciplinares.

Como se puede observar en la Figura 12, se pasó de una estructura de ocho equipos para la serie a otra similar pero ampliada a treinta y cuatro equipos formados por un total de 70 personas. Hay que tener en cuenta que existían empleados que participaban en varios equipos creándose la participación “a requerimiento” es decir solo asistía a la reunión del equipo si se le convocaba. El número de 34 equipos de mejora fue el resultado para que todos y cada uno de los problemas que podían aparecer en un lanzamiento tuviera un grupo capaz de resolverlos.

Para la ejecución de un lanzamiento se destina una bolsa de dinero para sufragar los costes extraordinarios inherentes al mismo que depende de la inversión total del proyecto. Cada área solicita un importe según sus necesidades el cual se ajusta al dinero disponible. Uno de los conceptos de los llamados costes de lanzamiento es el personal indirecto y abarca desde personal de mantenimiento o analistas de procesos hasta técnicos de laboratorio o de medición. En total para el lanzamiento del modelo 7, se contrataron 64 técnicos por un periodo que rondaba entre el año y los dos años.

Es por ello que las áreas disponían de personal cualificado para integrar en los equipos de mejora continua y no se tuvo que pedir personal adicional para la organización de los equipos de mejora continua.

Desarrollo de un nuevo modelo organizativo para la gestión de la mejora continua durante la fase de lanzamiento

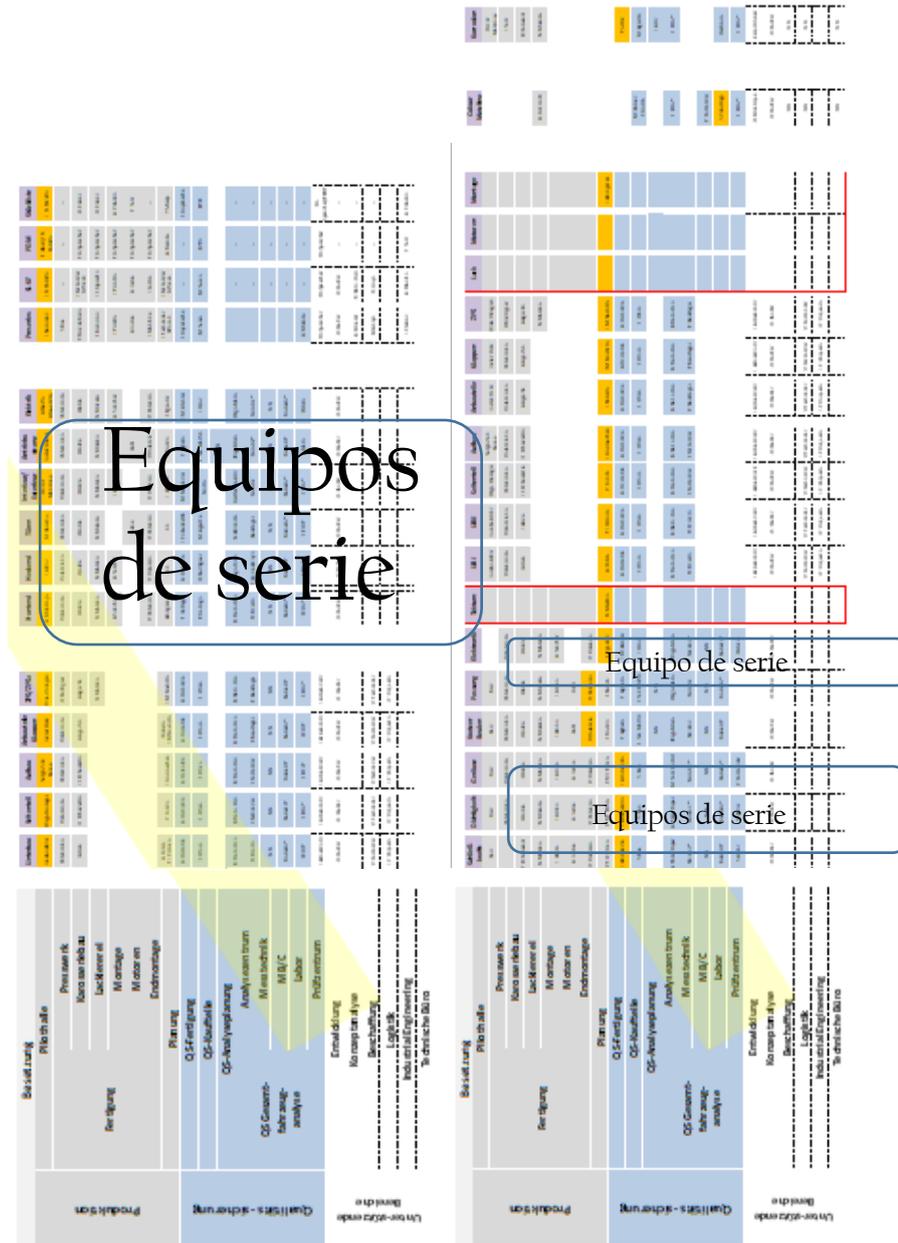


Figura 12 Equipos multifuncionales para el modelo 7

6.4.3 ASIGNACIÓN DE LOS PROBLEMAS

Uno de los impedimentos que se había experimentado en la operativa de tratamiento de problemas en serie eran los problemas que saltaban de un ente a otro, generalmente en estos casos la resolución de los mismos se alargaba más que la media. Para evitar esto, ningún problema podía ser adjudicado a ningún grupo sin que pasara por el órgano que se llamó “adjudicador de problemas” y que estaba compuesto por dos personas de la nave piloto que conocían en profundidad el proceso productivo, la organización de la empresa, los equipos multidisciplinares, así como el nuevo producto.

El objetivo era conseguir, en el lanzamiento, que el sistema de gestión de la mejora continua adjudicara los problemas a los equipos, bien a la primera. Dada la situación de incremento constante en el ritmo de producción en el lanzamiento, la calidad de las adjudicaciones resultaba clave. Una mala adjudicación de problemas significaría un retraso en la resolución de los mismos, un desperdicio en la utilización de la capacidad de mejora, escasa en el lanzamiento, y un problema de motivación en los equipos y responsables del sistema.

6.4.4 SEGUIMIENTO DE LOS PROBLEMAS

El sistema de gestión de la mejora continua, establecía 7 estados para los problemas, que se definen en la Figura 13.

De tal forma, que un problema solo podía encontrarse en un único estado y era posible trazar cuanto tiempo se encontraba en un estado sin movimiento. El seguimiento se hacía en una reunión diaria donde acudían los representantes de los equipos funcionales convocados y se discutían las diferentes casuísticas de los problemas y se elegían los que debían de ser apoyados de una forma especial.

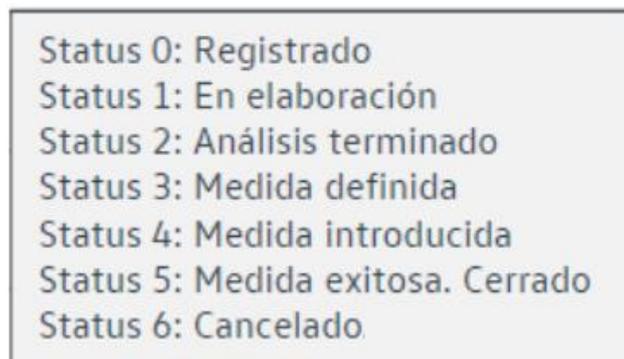


Figura 13 Posibles estados de un problema en el SGMC

Esta dinámica de seguimiento dentro de los equipos consistía en repasar los principales índices del sistema: Evolución total de problemas Figura 14. Problemas abiertos en plazo y con retraso actualmente por estado Figura 15. Distribución de los problemas abiertos actualmente por equipo Figura 16. Histórico de la apertura de problemas por equipo y semana Figura 17. Histórico de cierre de problemas por equipo y semana Figura 18. Las figuras anteriormente citadas son un ejemplo en una semana hacía el final del lanzamiento.

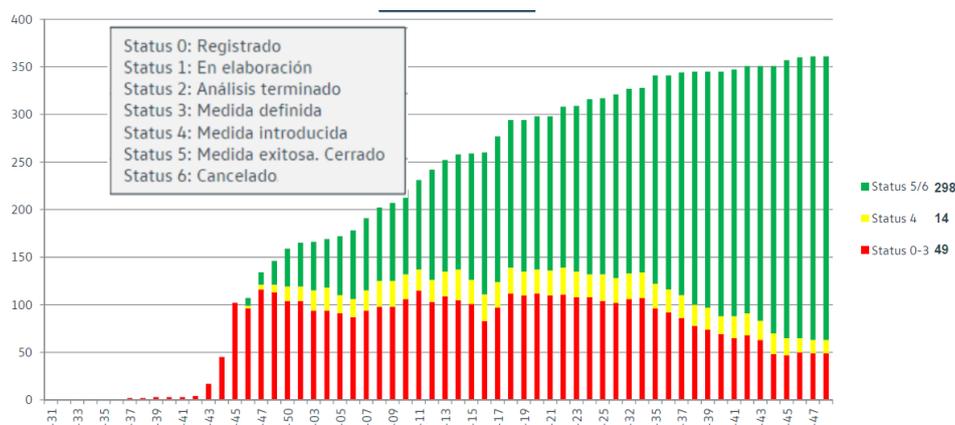


Figura 14. Evolución total de problemas

Desarrollo de un nuevo modelo organizativo para la gestión de la mejora continua durante la fase de lanzamiento

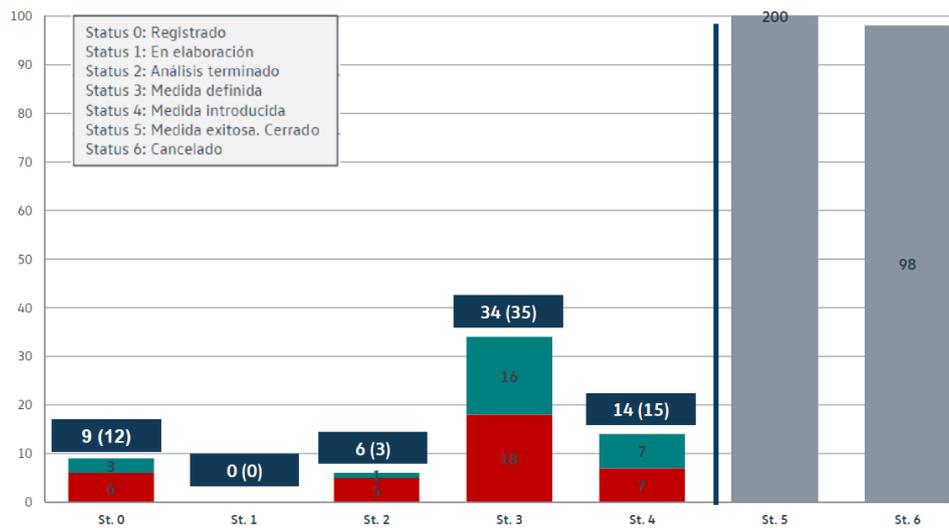


Figura 15. Problemas abiertos en plazo (verde) y con retraso (rojo) actualmente por estado

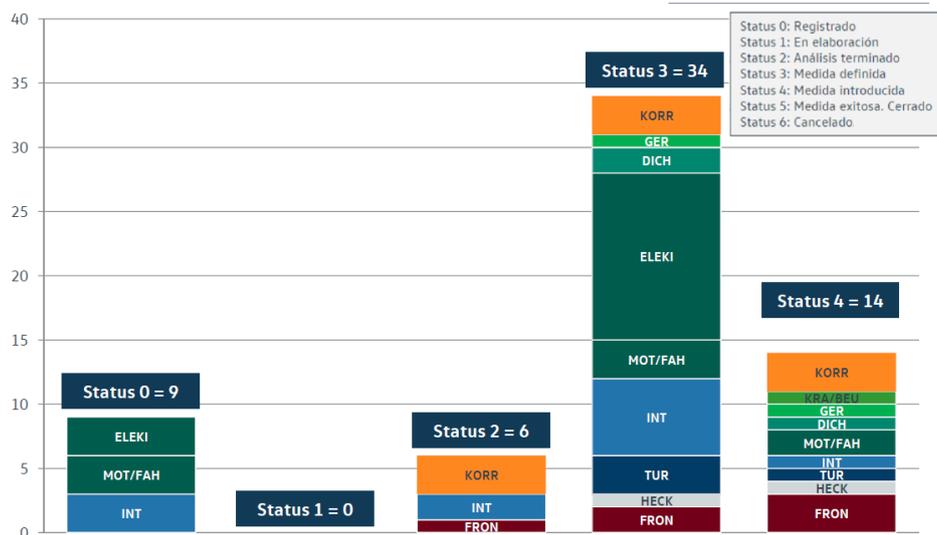


Figura 16. Distribución de los problemas abiertos actualmente por equipo

Desarrollo de un nuevo modelo organizativo para la gestión de la mejora continua durante la fase de lanzamiento

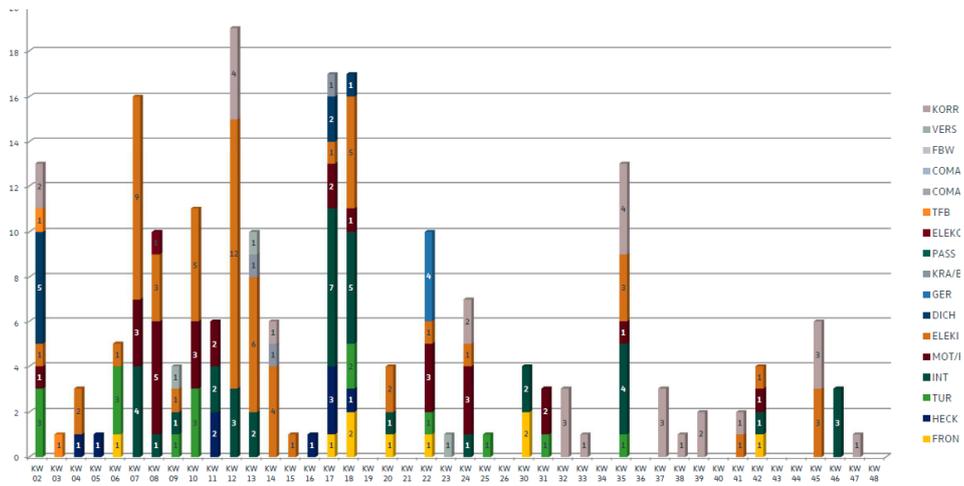


Figura 17. Histórico de la apertura de problemas por equipo y semana

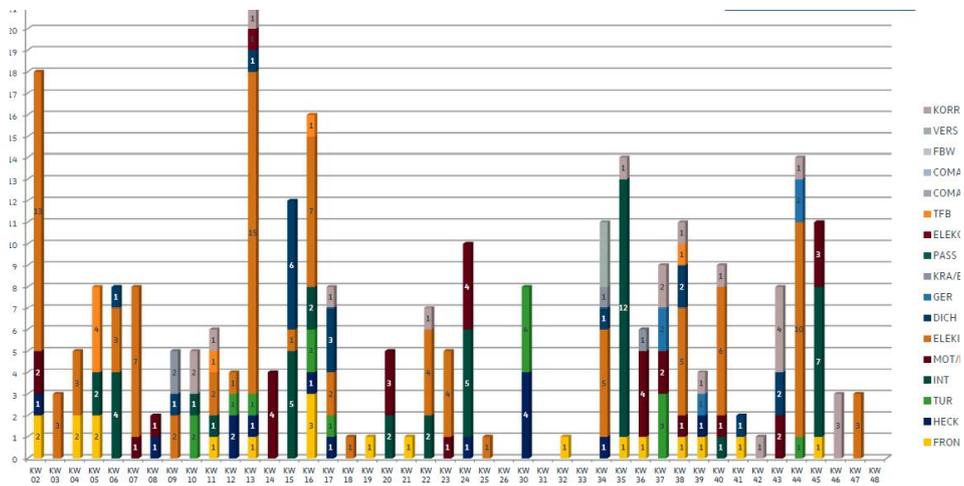


Figura 18. Histórico de cierre de problemas por equipo y semana

Como se puede apreciar en las Figuras 17 y 18, únicamente en 17 equipos se abrieron problemas en el SGMC por ello el calendario de reuniones semanales de seguimiento era variable y se hacía en función del número de problemas en retraso de cada equipo.

6.4.5 MECANISMOS DE ESCALACIÓN

Para que ningún problema se quedara sin avanzar de estado se creó una pirámide de escalación donde los problemas más complejos o que requerían de autorización de medios para su resolución iban avanzando hasta que eran solucionados. En la Figura 19 se representa la pirámide de escalación.

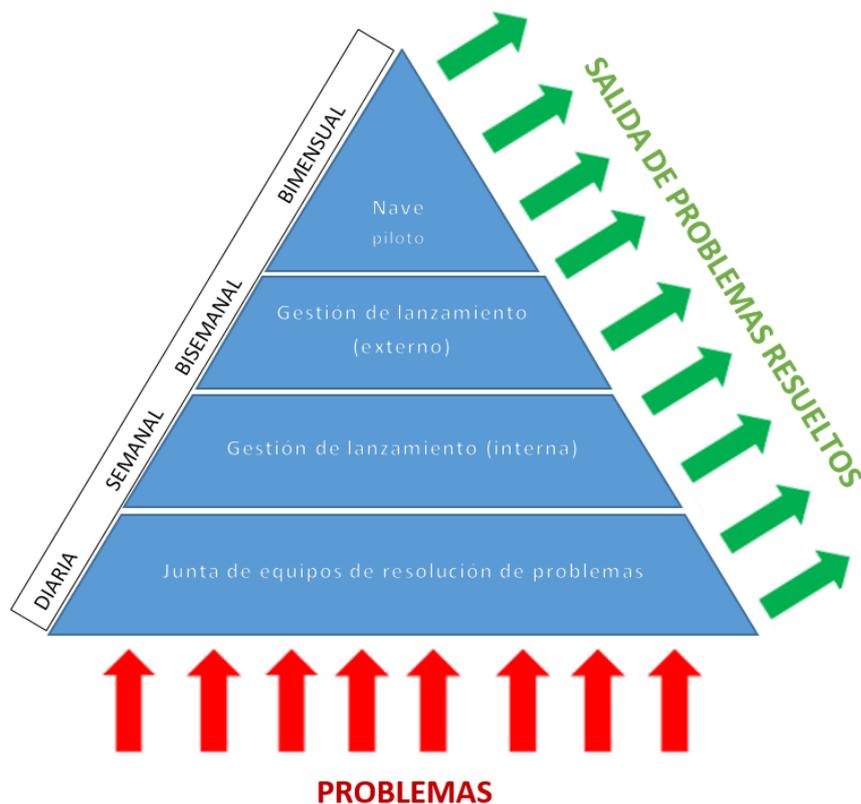


Figura 19 Pirámide de escalación

Se establecieron unas reglas claras por las cuales los problemas pasaban de uno a otro nivel de escalación. Fue muy difícil mantener las normas establecidas fijas para determinar cuándo un problema debía ser escalado al siguiente nivel. No obstante, fue una directriz general para la cual se permitían ciertas desviaciones.

6.4.6 PUESTA EN MARCHA DEL SISTEMA DE MEJORA CONTINUA DE LANZAMIENTO

Una vez se definieron todas las reglas de funcionamiento del sistema de mejora continua para el lanzamiento, se reunió a todas las personas que tenían algo que ver con el sistema para explicarles el funcionamiento y resolver dudas. A partir de esa reunión el sistema se puso en marcha. Un año antes de la SOP el sistema estaba activo y pudo recoger los primeros problemas de los prototipos.

6.5 RESULTADO DEL FUNCIONAMIENTO DEL NUEVO MODELO Y PROPUESTA DE MEJORA

Al no disponer de una base de datos de la mejora continua del lanzamiento del modelo cinco no podemos hacer una comparativa con los resultados del lanzamiento del modelo siete en cuanto a resolución de problemas. Solo podremos comparar con los resultados de serie del modelo seis un año antes del lanzamiento del modelo siete que es cuando se instauró el sistema PEP. Por el contrario, sí podremos comparar los resultados en cuanto a cumplimiento de los objetivos entre los lanzamientos de los modelos cinco y siete, ya que se dispone de los datos completos.

6.5.1 COMPARATIVA RESPECTO A LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS

Para ver la efectividad de un sistema de tratamiento de problemas podemos estimar el tiempo medio que ha requerido la resolución de un problema. Este tiempo se puede aproximar sumando las horas del personal que se encuentra a dedicación total a la mejora continua más el personal que tiene una dedicación de un treinta, cincuenta o setenta por ciento de su jornada en un determinado periodo y dividirlo entre el número de problemas resueltos. Este indicador es el indicado para la fase de producción a régimen, sin embargo, en un lanzamiento, como se indicó antes, lo que prima es la pronta resolución de problemas ya que cuanto más tarde se resuelva un problema más grande será el impacto del mismo, debido a que la producción se incrementa diariamente. Es por ello que el

indicador más relevante para la fase de escalada es el tiempo medio de resolución de problemas.

En nuestra investigación en acción durante el año del lanzamiento del modelo 7 en el año 8 de la Figura 9 se resolvieron un total de 262 problemas con una duración media de 138 días (hay que tener en cuenta que algunos de los problemas que se cerraron en el año del lanzamiento provenían de la fabricación de los primeros prototipos el año anterior al lanzamiento) quedando al finalizar el año 55 problemas sin resolver con una duración media de 163 días. Durante el año de lanzamiento se fabricaron tanto unidades del modelo 6 como del modelo 7. Para comparar ambos sistemas hemos elegido los problemas cerrados del modelo 6 y del modelo 7 en el año del lanzamiento. En la tabla 7 podemos ver la comparativa de resolución de problemas de la serie del modelo seis y del lanzamiento del modelo siete ambos en el año del lanzamiento.

Tabla 7 Comparativa entre serie del modelo 6 y lanzamiento del modelo 7 en cuanto a número de problemas cerrados y tiempo de cierre en el año de lanzamiento

	Serie modelo 6	Lanzamiento modelo 7
Problemas cerrados	114	262
Tiempo medio de cierre (días)	83	138

En las Figuras 20 y 21 se representa las distribuciones del tiempo de cierre de problemas el año de lanzamiento para los modelos seis y siete, respectivamente.

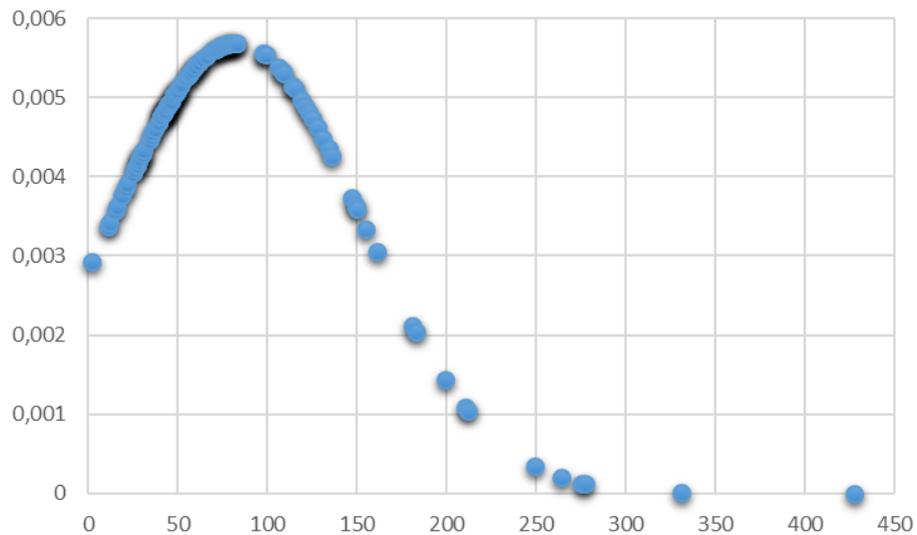


Figura 20 Distribución del tiempo hasta el cierre de los problemas en días para el modelo 6 el año del lanzamiento del modelo 7

Como dato anecdótico existieron 2 problemas que se cerraron sin resolver ya que se terminó la producción del modelo 6.

Es muy llamativo el hecho de que el tiempo medio de cierre de los problemas prácticamente se multiplicó por dos durante el lanzamiento del modelo 7, sin embargo, esto tiene una explicación. Mientras que, durante el año del lanzamiento, cuando el modelo 6 iba a morir, la resolución de problemas que requerían modificaciones de producto fueron escasas, por el contrario, los problemas que se resolvieron con modificaciones de producto para el nuevo modelo 7 fueron la mayoría de las 262. Teniendo en cuenta que el tiempo objetivo de introducción de un cambio de producto es de 22 semanas desde la definición de la modificación hasta la introducción en serie queda justificada la desviación y demostrada la poca valía de estos indicadores para comparar una fase de serie a régimen y una de lanzamiento.

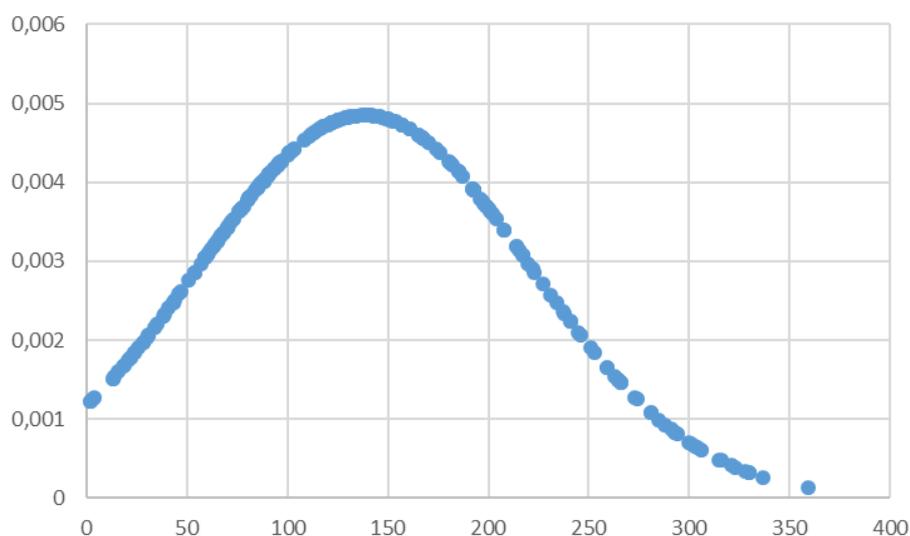


Figura 21 Distribución del tiempo hasta el cierre de los problemas en días para el modelo 7 el año del lanzamiento del mismo

Con la introducción de los adjudicadores de problemas se quiso reducir el cambio de equipo de resolución de un problema durante su existencia. Estos cambios de equipos de resolución para un problema producían no solo un retraso en la resolución del mismo, sino también la utilización innecesaria de recursos y producía un enfrentamiento entre los equipos. Estos cambios de equipo ocurrieron en un 13% de los problemas para el modelo seis el año de lanzamiento del modelo 7 mientras que para el mismo periodo para el modelo 7 no ocurrió en ningún caso gracias a la correcta asignación realizada por el equipo de asignación.

Por lo tanto, no podemos observar los buenos resultados del sistema atendiendo al tiempo de resolución de los problemas y es, por ello, que debemos recurrir a comparar los indicadores de cumplimiento de objetivos de dos lanzamientos, los de los modelos cinco y siete, de los cuales se dispone de amplia información, sabiendo que durante el lanzamiento del modelo 5 no existía ningún sistema estructurado de resolución de problemas.

6.5.2 COMPARATIVA DE RESULTADOS FRENTE A OBJETIVOS DE DOS LANZAMIENTOS

Como se ha mostrado en este capítulo, una buena planificación y preparación de un lanzamiento en conjunto con un producto bien diseñado para la manufactura, una red de proveedores fiables y una plantilla capaz, formada y motivada nos llevará a cumplir más fácilmente los objetivos de calidad, producción y costes marcados para la fase de la escalada. En un supuesto ideal de preparación de un lanzamiento, la resolución de problemas durante la fase de escalada pierde peso específico como factor decisivo en la consecución de los objetivos marcados.

En consecuencia, el comparar el cumplimiento de los objetivos de dos lanzamientos diferentes sin haber evaluado la preparación previa de ambos, no puede ser de ninguna forma el factor que determine la bondad de los sistemas de mejora continua en uno u otro lanzamiento.

Al finalizar un lanzamiento, los directivos más directamente relacionados con el mismo se reúnen durante una semana para determinar que fue bien, que fue mal y que habría que mejorar, es el llamado “Lessons Learned Work Shop”. Basada en las lecciones aprendidas del modelo cinco y siete se ha generado la tabla 8 en la cual se valora de 1 a 5 los factores influyentes en la consecución de los resultados planificados durante la fase de preparación, siendo un 5 el valor otorgado a un factor que ha sido preparado correctamente y 1 deficientemente.

Realmente como se puede apreciar en la tabla 8 la preparación del lanzamiento del modelo 7 fue considerablemente mejor que la del modelo 5, esto nos lleva a pensar que tanto la fábrica como el producto se encontraran en una mejor situación al comenzar la escalada del nuevo modelo por esto, la posible mejora de los resultados del modelo 7 no puede ser atribuida en su totalidad al sistema de mejora continua. No obstante, compararemos los resultados de ambos lanzamientos teniendo en cuenta que estos no podrán ser indicadores determinantes de la bondad del sistema de mejora continua.

Tabla 8 Valoración de la preparación de los lanzamientos 5 vs. 7

Factor	Modelo 5	Modelo 7	Observaciones
Definición curva de escalada	3	5	La producción del modelo 4 se prolongó 30 semanas durante la escalada del modelo 5. El modelo 6 murió cuando comenzó la escalada del 7
Complejidad del producto	4	5	El modelo 5 disponía de 2 y 4 puertas y guía izquierda y derecha, el 7 no
Madurez del producto	3	4	En ambos se dispuso de un equipo de ingeniería simultánea, presentando una experiencia y estructura mejorada en el modelo 7.
Diseño de instalaciones	3	5	En el modelo 5 se modificaron instalaciones para producir simultáneamente el 4 y el 5. Para el 7 se hizo una gran inversión en instalaciones nuevas no bivalentes.
Formación y disponibilidad del personal	3	5	Personal indirecto escaso en el lanzamiento del modelo 5
Proveedores	4	3	Para el modelo 7 se designó un proveedor completamente nuevo para el grupo y se sobrepasó su capacidad
Total	20	27	

Como se presentó en el punto 5.3 los indicadores respecto a los objetivos de producción, calidad y costes son el cumplimiento del plan de producción semanal, la auditoría y los coches buenos a la primera, respectivamente. A continuación, se presentará gráficamente la comparativa de los tres indicadores.

6.5.2.1 CUMPLIMIENTO DEL PLAN DE PRODUCCIÓN.

En la Figura 22 se puede ver como el lanzamiento del modelo 7 durante la fase de escalada tuvo un mejor desarrollo que el modelo 5.

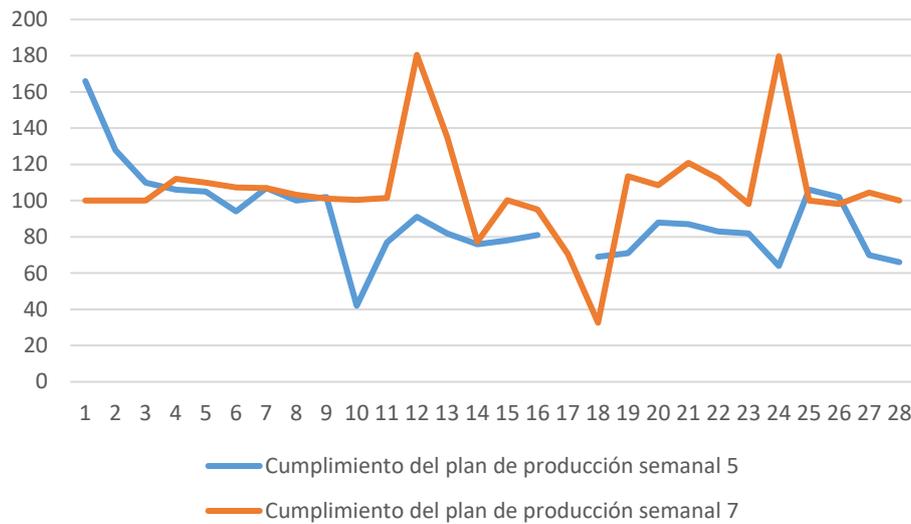


Figura 22 Cumplimiento en porcentaje del programa de producción durante la fase de escalada de los modelos 5 y 7

Más en detalle, el modelo 5 tuvo un incumplimiento del programa en un total de 17 de las 27 semanas estudiadas frente a las 6 del modelo 7.

6.5.2.2 AUDITORÍAS DE CALIDAD.

Veremos las comparativas de las notas de auditoría en carrocería, carrocería pintada y coche terminado. Comenzando con chapistería podemos ver la comparativa entre los dos modelos en la Figura 23.

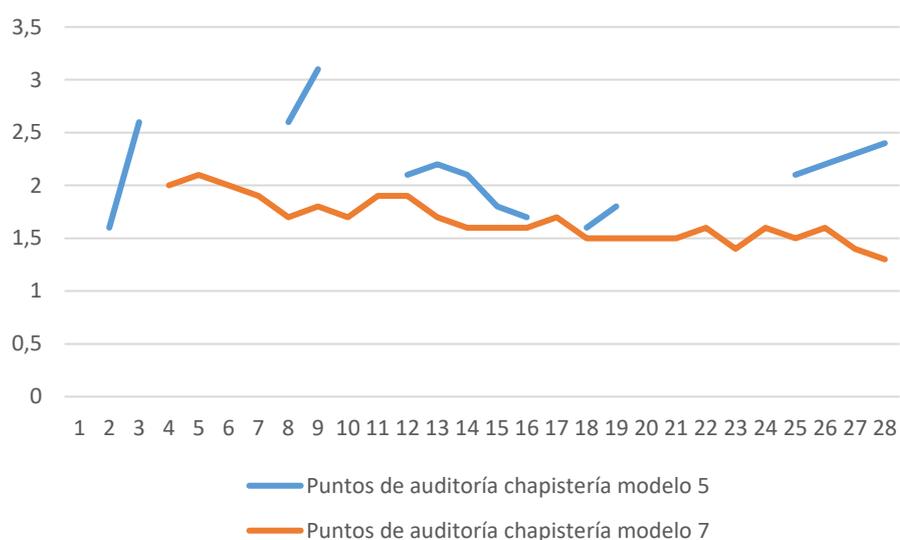


Figura 23 Comparación de la auditoría de carrocerías entre el modelo 5 y el 7

Se disponen de pocos datos de auditoría de carrocería del modelo 5, sin embargo, se puede apreciar que no existe una mejora continua, por el contrario, se ven cambios bruscos. En el caso del modelo 7, se aprecia que el punto de partida es mejor que el del modelo 5 lo cual está en línea con el hecho de que la preparación del lanzamiento fue mejor. Pero lo que es evidente es que existe una mejora sostenida durante toda la fase de escalada que sí sería un indicio de que los equipos de mejora continua iban solucionando los problemas de una manera continuada.

Pasemos a continuación a la carrocería pintada.

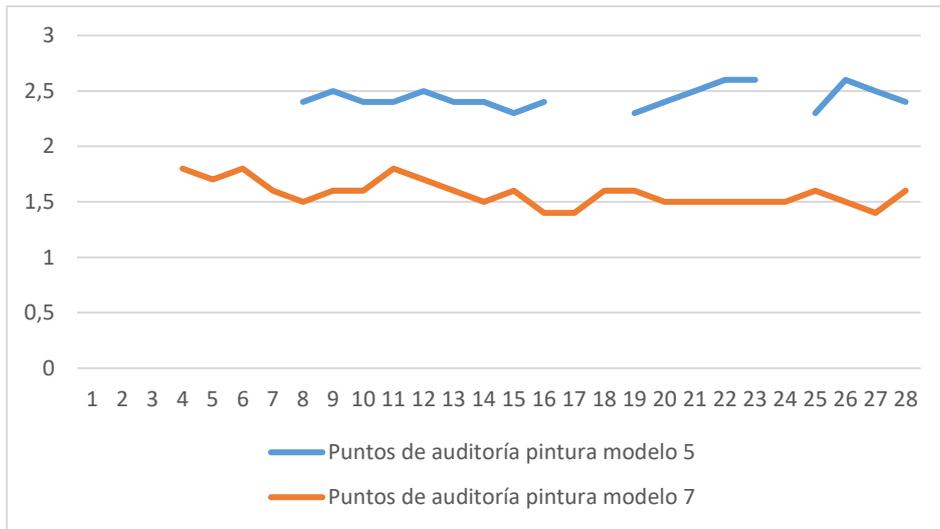


Figura 24 Comparación entre auditorías de carrocerías pintadas en los modelos 5 y 7

Se aprecia en la Figura 24 la misma tendencia que acabamos de ver en carrocería y las conclusiones pueden ser las mismas.

En cuanto a la auditoría de coche terminado mostrada en la Figura 25 se aprecia la misma tendencia que las anteriores pero con una salvedad y es que el modelo 5 obtiene mejores resultados y con una evolución positiva extraordinaria durante las primeras 16 semanas coincidiendo este punto con el alcance del 50% de la producción planificada para el final de la escalada, a partir de ese momento no se consigue mantener el nivel y tiende a empeorar conforme sube la producción, llegando al final de la escalada a estar en los niveles que ya habían sido alcanzados en la semana 4 de la misma. Este es un indicador claro de que las mejoras durante la escalada del modelo 5 se habían obtenido con medidas provisionales e improvisadas frente a la clara mejora continua del modelo 7.

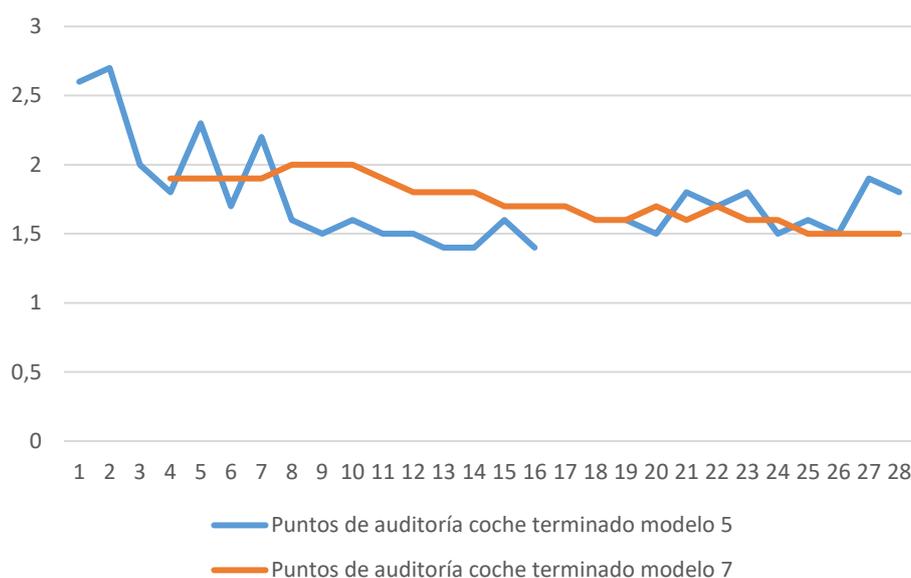


Figura 25 Comparación de las auditorías de coche terminado en los modelos 5 y 7

Por lo que hemos visto, en cuanto al indicador de calidad, sí se aprecia tanto en carrocería, carrocería pintada y en coche terminado una mejora continua que sin lugar a dudas es independiente de la preparación sino inherente al funcionamiento de los equipos de mejora. Pasemos a continuación a ver los costes reflejados en el indicador de buenos a la primera.

6.5.2.3 BUENOS A LA PRIMERA (FRC).

El FRC es un indicador del esfuerzo que se ha de hacer para pasar el producto en curso al siguiente proceso. Cuanto más bajo sea este indicador querrá decir que en más cantidad de unidades se ha de hacer algún tipo de trabajo adicional el cual acarreará unos costes. A continuación, compararemos la evolución de dicho indicador durante las escaladas de producción de los modelos 5 y 7 en los talleres de chapistería, pintura, montaje y montaje final.

En la Figura 26 podemos ver la evolución de las carrocerías buenas a la primera. Como se puede observar existen muy pocos datos del modelo 5

únicamente de las últimas ocho semanas de la escalada y rondan un valor constante del 80% mientras que en el modelo 7 sí se nota una mejora del inicio al final de la escalada de un 20%. Como se puede apreciar en la escalada del modelo 7 entre las semanas 12 y 15 aparece un retroceso en el FRC y una recuperación brusca en la semana 16, la explicación a este fenómeno radica en que chapistería consta de dos líneas iguales que fueron lanzadas con un desfase entre ellas de 14 semanas de tal forma que la primera línea en ser lanzada estaba llegando a su final de escalada en la semana 13 resintiéndose el FRC y a su vez se incorporaban las primeras carrocerías de la línea 2 con un FRC muy bajo. Al entrar en funcionamiento la línea 2 se generó más tiempo disponible para introducir mejoras en la línea, de ahí la rápida recuperación del FRC.

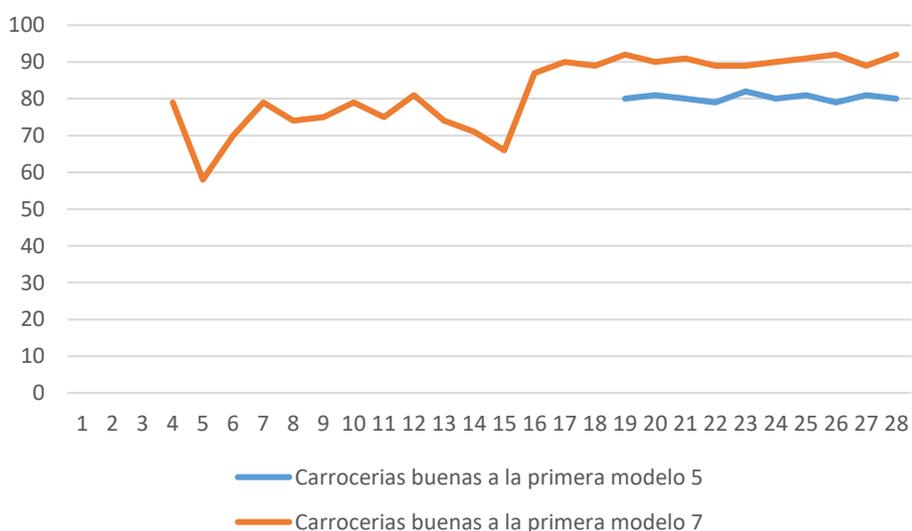


Figura 26 Comparativa de las evoluciones de las carrocerías buenas a la primera entre modelos 5 y 7

La evolución de las carrocerías pintadas buenas a la primera de ambos modelos se puede ver en la Figura 27.

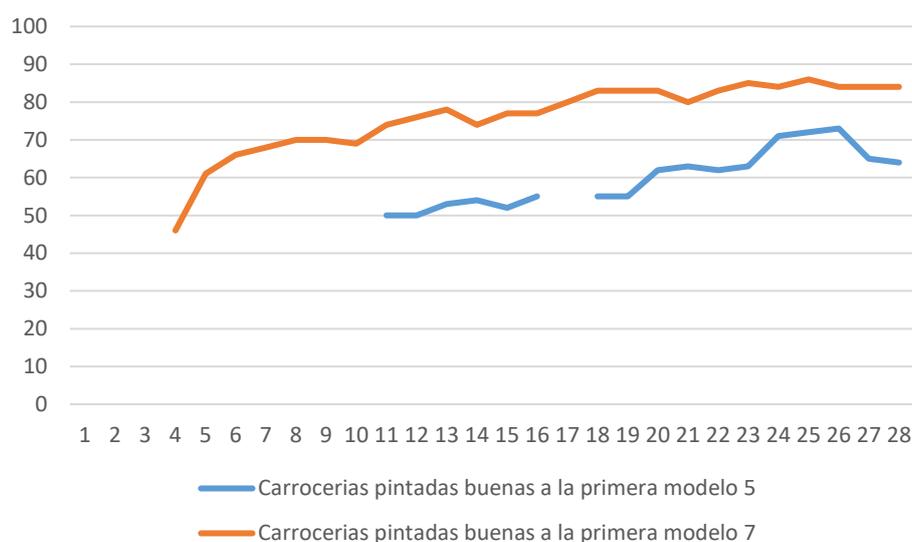


Figura 27 Comparativa de las carrocerías buenas a la primera durante la escalada de los modelos 5 y 7

La mejora continua es apreciada en ambos lanzamientos, si bien el modelo 7 logra valores bastante superiores. Al no disponer de más datos desconocemos el nivel de FRC al inicio de la escalada del modelo 5.

Veamos a continuación como se desarrollaron los FRC de ambos modelos en el taller de montaje. En la Figura 28 podemos apreciar un comportamiento completamente diferente de una y otra escalada de producción.

La evolución del FRC del modelo 5 es dramático hasta la semana 28, mientras la producción va aumentando a lo largo de la escalada los coches que salen buenos a la primera decrecen porcentualmente, lo que indica que el tiempo empleado para realizar reparaciones fuera de línea aumenta exponencialmente. Otro dato relevante es que el cumplimiento del programa semanal (Figura 22) ronda el 80% con lo que se puede concluir que los problemas son tantos y tan graves que la situación solo se puede reconducir reduciendo la producción diaria. Por otro lado, la evolución del FRC del modelo 7 muestra una mejora continua durante toda la escalada del modelo.

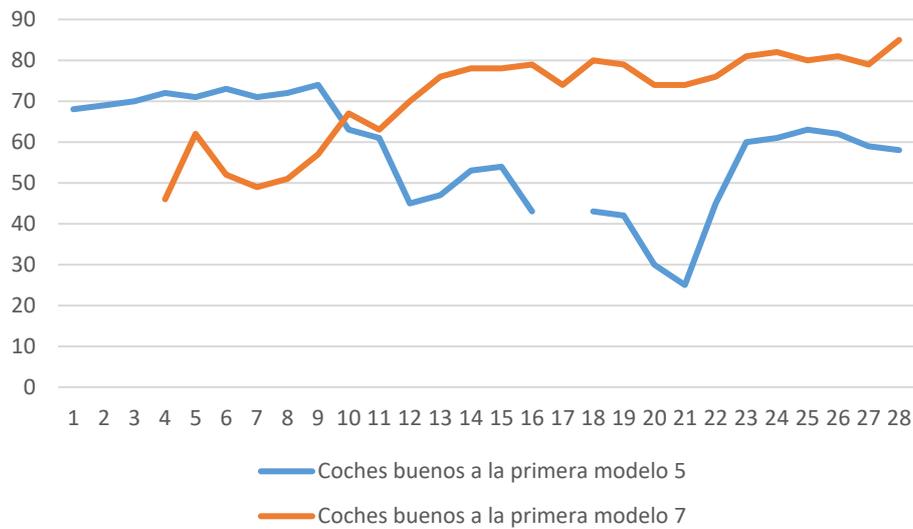


Figura 28 Comparativa de los coches buenos a la primera durante la escalada de los modelos 5 y 7

Por último, veremos cuál es la evolución del FRC de los coches terminados de uno y otro modelo. En la Figura 29 apreciamos que ambos modelos experimentan una mejora continua similar a lo largo de la escalada si bien el modelo 7 presenta un FRC de un 10% más alto que el del modelo 5.

Conclusiones

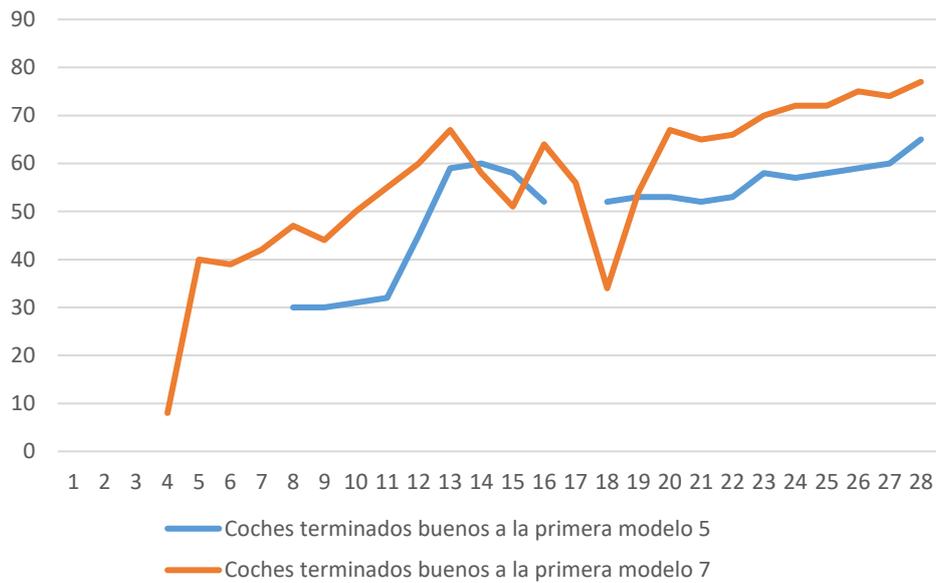


Figura 29 Comparativa de los coches terminados buenos a la primera durante la escalada de los modelos 5 y 7

6.6 CONCLUSIONES

La fase de la escalada de producción en el lanzamiento de un nuevo modelo, es un periodo crítico en el que se pasa de producir únicamente pre-series del nuevo modelo a completar la producción planificada. El esfuerzo en la fabricación del nuevo modelo, así como los parámetros de calidad y costes han de ir evolucionando durante esta fase conjuntamente con el volumen para llegar a obtener los valores planificados para la situación de serie a régimen.

Como se ha visto, durante la fase de la escalada existen infinidad de problemas de toda índole que actúan ofreciendo resistencia en la obtención del cumplimiento de los objetivos planificados de volumen, calidad y costes.

Una correcta organización de los recursos disponibles en fábrica (empleados e instalaciones) con enfoque a la mejora continua durante el lanzamiento puede

propiciar una velocidad en la resolución de los problemas capaz de hacer posible el cumplimiento de los objetivos planificados.

La investigación en acción, aquí descrita, propició la instauración de un sistema de gestión de la mejora continua para la fase de la escalada capaz de aprovechar los recursos disponibles en materia de análisis y resolución de problemas.

Gracias a la formación del equipo de adjudicadores, dentro del sistema de la mejora continua, instaurado para el lanzamiento del modelo 7, se pudieron eliminar las idas y venidas de problemas entre equipos habituales en la serie (en un 13% de los casos) mejorando la efectividad del sistema en general.

Se ampliaron los equipos de mejora continua de 8 en la serie a 34 para el lanzamiento de los cuales únicamente 17 utilizaron el sistema de gestión de mejora continua lo cual no quiere decir que no tuvieran problemas, sino que según el árbol de decisión de la Figura 11, no debieron de ser registrados en el SGMC.

El disponer de datos comparables del lanzamiento anterior, el cual no disponía de un sistema de gestión de la mejora continua, nos permite evaluar la efectividad del sistema. Como se ha visto, los lanzamientos como tales eran similares pero la preparación del último fue considerablemente mejor, este hecho condiciona la comparación de los resultados obtenidos en ambos lanzamientos. Sin embargo, la mejora continuada de los indicadores utilizados para la valoración del lanzamiento (cumplimiento de programa semanal, puntos de auditoría y coches buenos a la primera) para el lanzamiento del modelo 7 si está relacionada con el uso de un sistema de la gestión de la mejora continua.

Podríamos decir que la preparación del lanzamiento se ve reflejada en los valores de los indicadores al inicio de la escalada y el disponer de un buen sistema de gestión de la mejora continua propicia una mayor pendiente de la curva de evolución de los mismos durante la escalada.

En vista de los resultados obtenidos en ambos lanzamientos se puede concluir que un sistema de gestión de la mejora continua especialmente diseñado

Conclusiones

para la fase de la escalada, diferente que el sistema de la mejora continua para la serie, es fundamental para el cumplimiento de los objetivos planificados para el lanzamiento. Nuevamente aparece como relevante la capacidad de la planta para adaptar los sistemas de mejora continua a las contingencias de la producción en cada momento. Las diferencias entre la serie y el lanzamiento son de tal envergadura que diseñar el mismo sistema de mejora para ambos períodos reduciría el valor del mismo en alguno de ellos. Por esta razón, establecer sistemas específicamente adaptados a la serie y al lanzamiento, maximizaría el valor de las mejoras en cada uno de ellos.

7

ANÁLISIS Y ADAPTACIÓN DE ALMACENES INTERMEDIOS

7.1 INTRODUCCIÓN

En este capítulo se va a desarrollar la propuesta relacionada con el flujo de materiales realizada en el apartado 5.7 respondiendo a la tercera pregunta de la investigación:

P3. ¿Es la capacidad planificada de los stocks intermedios para la producción a régimen, la adecuada para la fase de escalada de producción?

Como se vio anteriormente el EPS permite el uso de almacenes intermedios siempre que se utilice en FIFO y su capacidad sea la mínima posible para garantizar el flujo continuo de producto en curso. Las bondades de inventarios reducidos son conocidas: no añade valor al producto y debe eliminarse o reducirse. El exceso de inventario utiliza el espacio del suelo y oculta los problemas relacionados con las incapacidades de proceso. El exceso de inventario da como resultado plazos de entrega más largos, obsolescencia, mercancías dañadas, costos de transporte y almacenamiento, y retrasos (Das and Patnaik 2015)

Las principales causas del exceso de inventario son las siguientes:

- Compensación de ineficiencias y problemas inesperados, es una de las causas más habituales de exceso de inventario y se tratará en profundidad en este capítulo.
- Complejidad del producto.
- Programación no nivelada.
- Previsión deficiente del mercado.

- Carga de trabajo desequilibrada.
- Envíos poco fiables por parte de proveedores.

A pesar de toda la teoría que favorece la fabricación con inventarios reducidos, en este capítulo, se demostrará por medio de una simulación que las condiciones de funcionamiento en las fases de serie a régimen y de escalada son tan diferentes, que el uso de almacenes intermedios aumentados durante la fase de escalada propicia el cumplimiento del objetivo de la producción de la curva de escalada.

7.2 ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El desarrollo tecnológico de los últimos tiempos ha permitido automatizar cada vez operaciones más complejas dentro del proceso productivo de los automóviles. Repasando cronológicamente las automatizaciones realizadas en la fábrica objeto del caso de estudio, encontramos las primeras automatizaciones en el taller de chapistería en los años 80 con el montaje de una línea transferidora de carrocerías con soldadura por medio de robots. A principios de los 90 ya se disponía de una chapistería con un grado de automatización de un 94%. Con el montaje de líneas transferizadas en prensas y la posterior instalación de descarga automática de piezas a contenedores por medio de visión artificial se consiguió a final de los 90 una automatización del taller de prensas del 80%. No fue hasta principios del 2000 cuando comenzó la automatización del taller de pintura con la instalación de cabinas con robots para pintar tanto exteriores como interiores o la aplicación de PVC también con robots y la posterior automatización de la aplicación de masilla en elementos móviles 10 años más tarde, llegando a un grado de automatización del 89%. Hasta la segunda década del siglo XXI no se empezaron a acometer tímidas automatizaciones en el taller de montaje, se comenzaron con atornillados de piezas mecánicas del chasis o aplicación de masilla a las lunas, pasando en el año 2015 por acometer una gran inversión para el montaje automático de las ruedas o en el 2017 el atornillado automático del grupo de propulsión y chasis a la carrocería, a partir de ahí se han automatizado el grabado del número de bastidor, semiautomatizado los llenados de líquidos,

montaje de soporte motor o más recientemente el montaje de burletes de puerta o la aplicación de pretratamiento para el pegado de lunas. Sin embargo, el taller de montaje sigue siendo fundamentalmente manual. Esto provoca que cualquier avería en estas automatizaciones haga parar la línea de producción lo que acarrea grandes costes en mano de obra desperdiciados (Coffey and Thornley 2006). Para evitar que las paradas de estas instalaciones afecten a la línea principal existen los denominados “pulmones tecnológicos” y estrategias de emergencia desarrolladas para cada instalación automática. Es por esto y por la dificultad tecnológica de automatizar operaciones de montaje que el taller disponga de apenas un 8% de automatización.

En función de los procesos definidos para la producción, de la efectividad de los mismos, de la posibilidad física, del espacio y de los costes se definen para cada punto de fabricación un almacén intermedio. Procesos que se producen en lotes de fabricación por ejemplo en prensas deberá tener un almacén lo suficientemente grande para que no haya roturas de stock entre las producciones de una misma clave. Detrás está toda la teoría del cálculo del lote óptimo de producción. Para los procesos en flujo, que son los que atañen a este estudio, necesitamos un almacén intermedio lo suficientemente grande para que las paradas (incidencias) del proceso $n-1$ no afecte al proceso n de tal forma que este no afecte al $n+1$ (Figura 30).

Es importante subrayar que en este estudio llamaremos disponibilidad de una instalación a 100 menos el porcentaje del tiempo que la instalación esté averiada. Por un lado, cuanto mayores sean los almacenes intermedios más se asegurará la independencia entre procesos y por ello mejorará la continuidad del flujo de materiales entre las instalaciones. Sin embargo, mayores almacenes intermedios suponen mayores costes de inversión y un mayor material inmovilizado en el conjunto de la fábrica.



Figura 30 Procesos en flujo

Así como en prensas, el lote óptimo se puede calcular de una forma matemática simple y de esa forma establecer el número de contenedores necesarios para almacenar las piezas a estampar, en el resto de procesos de fábrica no lo es ya que cada proceso afecta al siguiente y al anterior.

Para calcular cuales son los almacenes intermedios óptimos en una fábrica de producción en flujo se recurre a las simulaciones dinámicas. Una vez se dispone del “lay-out” de la fábrica a simular se representan todos los procesos en los cuales se consideren sean susceptibles de necesitar un almacén intermedio y se definen los siguientes datos para cada uno de ellos:

- Tiempo medio entre averías del proceso.
- Tiempo medio de resolución de la avería del proceso.
- Distancia física entre el final del proceso y el siguiente proceso.
- Velocidad de transporte entre procesos.
- Tiempo de ciclo del proceso.

Estos datos son los estimados para un estado de producción a régimen después de haber solventado los problemas de puesta a punto o inicio del proceso productivo.

Los stocks intermedios óptimos serán los mínimos que permitan dar la producción planificada del conjunto de procesos a simular. Por lo tanto, se partirá de almacenes intermedios mínimos y se irán aumentando simulación a simulación hasta que finalmente se consiga la producción planificada.

7.3 PROPUESTA DE GESTIÓN DE ALMACENES INTERMEDIOS EN LA FASE DE ESCALADA

El estado de los almacenes intermedios de una fábrica en la SOP de un nuevo modelo dependerá de si la fábrica solo produce un producto o si produce varios. En este último caso los almacenes intermedios en la SOP estarán parcialmente llenos por material en flujo del otro/s modelo/s. En el caso de que la fábrica tenga un único producto, el estado de los almacenes intermedios dependerá de si la EOP del modelo viejo es anterior o posterior a la SOP del nuevo, si es anterior los almacenes estarán vacíos si es posterior estarán parcialmente ocupados.

Como es sabido todo espacio vacío tiende a llenarse, por lo que siempre que en la SOP de un nuevo modelo haya convivencia con otro/s modelo/s los almacenes intermedios estarán ocupados parcialmente con tendencia a estar llenos.

La escalada de producción varía a lo largo del proceso de producción de una fábrica de automóviles, debido a que durante la escalada de producción se ha de ir generando el material en flujo y llenando los almacenes intermedios, por lo que una instalación al inicio del proceso productivo tendrá que producir más que una que esté al final del mismo, hasta el momento en la escalada que se haya completado el flujo de producción y se hayan llenado los almacenes intermedios.

Este efecto es conocido y resulta en que una fábrica de automóviles no tiene una curva de escalada, sino que tiene 4, una para cada taller (chapistería, pintura, montaje y entregas)

Como se explicó en el apartado 5.7 una de las propuestas de mejora para mejorar el cumplimiento de la producción durante la fase de escalada se centra en el utilizar un sistema “Push” al inicio de la escalada combinado con la utilización de toda la capacidad de los almacenes intermedios. Se considera que el hacerlo así conseguiría el hacer los procesos más independientes uno de otro y conseguiría de esa forma eliminar interferencias entre ellos.

Para demostrar el efecto que esta utilización de almacenes intermedios tiene en los resultados de producción durante la escalada de producción se ha

desarrollado un modelo de simulación que representa una serie de instalaciones automáticas en el taller de chapistería de la fábrica estudiada, entendiendo que los resultados obtenidos puedan ser extensibles al resto del taller.

7.4 DESARROLLO DE UN MODELO DE SIMULACIÓN PARA DEMOSTRAR QUE LOS STOCKS PREVISTOS NO CUMPLEN CON LA PRODUCCIÓN PLANIFICADA

El modelo se basa en una simulación discreta utilizando el software SIMIO®. Las características del sistema real (un sistema discreto, dinámico y estocástico) hicieron que la simulación discreta fuera el enfoque más apropiado.

El modelo de simulación desarrollado para demostrar la conveniencia de aumentar los almacenes intermedios durante la fase de escalada representa las instalaciones que conforman la carrocería. En la Figura 31 se representan gráficamente las instalaciones a ser simuladas. Por una parte, la instalación A1 suministra los autobastidores, por otra las instalaciones A2 y A3 entregan los laterales izquierdos y derechos respectivamente y la instalación A4 junta los tres conjuntos en una unidad. Entre las instalaciones están los almacenes intermedios objeto del estudio. Las instalaciones A1 y A4 pertenecen a la línea principal donde se va conformando la carrocería. Las instalaciones A2 y A3 sirven subconjuntos, en este caso laterales, a la línea principal como muchas otras a lo largo del taller de chapistería.

Desarrollo de un modelo de simulación para demostrar que los stocks previstos no cumplen con la producción planificada

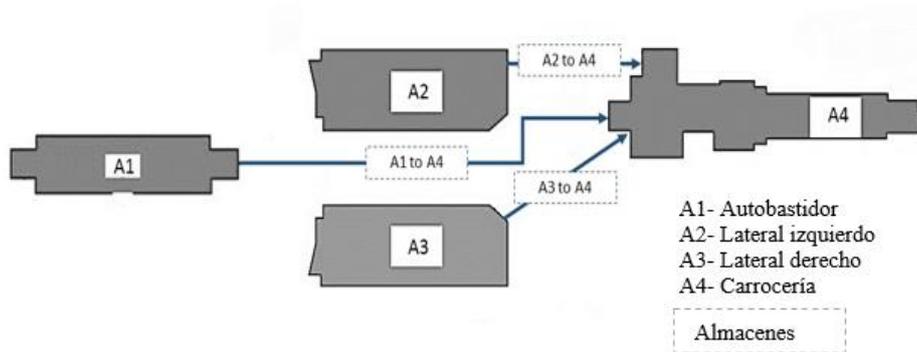


Figura 31 Instalaciones base del modelo de simulación

7.4.1 LÓGICA DEL MODELO

Las instalaciones del modelo están divididas en estaciones que representan las reales, y existen cuatro clases:

- Las de alimentación automática, se consideran fuentes de piezas las cuales están restringidas a las piezas necesarias para cumplir la producción planificada en la línea principal (A1 y A4) y sin restricción para las instalaciones que alimentan la línea principal (A2 y A3). La forma que se ha optado tomar para representar las influencias del resto del taller en el modelo (instalaciones anteriores a A1 y posteriores a A4) en el modelo ha sido limitar la entrada del número de unidades a la instalación A1 (línea principal). Estas estaciones alimentan a la siguiente estación siempre que esté libre.
- Estaciones de alimentación manual. Trabajan siempre que haya sitio en la estación siguiente y paran 4 veces al turno un total de 48 minutos, representando las pausas de los operarios.
- La estación de salida de la instalación trabaja hasta la avería con una distribución exponencial referente a la disponibilidad de la instalación y reinicia el trabajo según una distribución de Erlang con una media de tiempo de reparación de la instalación. Trabaja siempre que tiene pieza, no está en avería y tiene espacio en el almacén intermedio siguiente.

- El resto de estaciones se consideran con una disponibilidad del 100% ya que sus ineficiencias están incluidas en la estación de salida. Trabajan siempre que tienen pieza y espacio en la siguiente estación.

Los almacenes intermedios tienen unas dimensiones, velocidades y capacidades determinadas y las piezas avanzan físicamente hasta que encuentran un bloqueo por la pieza anterior o hasta que llegan a la entrada de la siguiente instalación.

Al final de la instalación A4 encontraremos un sumidero que acepta todo lo que llegue.

7.4.2 CÁLCULO INICIAL DE LOS ALMACENES INTERMEDIOS

El diseño de los almacenes intermedios para el taller de chapistería con un grado de automatización de un 94% se realiza para todas las fábricas de la marca estudiada mediante simulaciones con las premisas y metodología que se describen a continuación.

El tamaño mínimo de los almacenes intermedios tiene que ser el suficiente para dar una disponibilidad al conjunto de instalaciones de un 85% teniendo en cuenta que los robots que las conforman tienen una disponibilidad del 99,4 % siendo la distribución del tiempo entre averías una distribución exponencial, donde el parámetro Tiempo medio entre averías es la disponibilidad técnica de cada estación y el tiempo de reparación de las averías sigue una distribución de Erlang con una media de 6,5 minutos (tiempo medio de reparación). Para el diseño final de los almacenes intermedios, además de los datos arriba enunciados, se tiene en cuenta el espacio físico entre instalaciones siendo este una limitación para la capacidad de los mismos. El tiempo ciclo planificado de las instalaciones es de 90 segundos.

Las capacidades calculadas por medio de las simulaciones resultaron las siguientes: A2 y A3 to A4; 40 unidades y A1 to A4; 40 unidades. Las disponibilidades reales conseguidas a régimen dos años después del lanzamiento

Desarrollo de un modelo de simulación para demostrar que los stocks previstos no cumplen con la producción planificada

son: A1; 82% A2; 90% A3; 91% A4; 84% y los tiempos ciclos conseguidos son A1; 77 A2; 83,7 A3; 84 y A4: 79,6 segundos. Las producciones obtenidas en el taller superan las planificadas por lo que aparentemente el cálculo de los almacenes intermedios fue correcto.

Lo primero que haremos será comprobar que el modelo planteado funciona, para ello tomaremos los datos reales arriba expuestos y comprobaremos que las producciones resultantes son acordes con las reales.

7.4.3 COMPROBACIÓN DEL MODELO

Una vez comprobado que los datos cumplen con las consideraciones estadísticas previamente planteadas comprobaremos que el modelo funciona. Para ello tomaremos los datos reales de disponibilidad y tiempos ciclo arriba expuestos y comprobaremos que las producciones resultantes son acordes con las reales en la misma semana.

Tabla 9 Datos comparados de la producción media diaria real de una semana actual contra la simulación (2 veces)

	Producción real diaria media semana actual	Producción simulada diaria media
A1	709	733 697
A2	709	734 695
A3	712	735 701
A4	711	730 693

Esta simulación se realizó dos veces para comprobar su validez. Si los resultados de las simulaciones son acordes con las producciones realizadas esa misma semana concluiremos que el modelo funciona bien.

Una vez visto que el modelo arroja resultados coherentes lo damos por válido y pasamos a la simulación.

7.4.4 COMPROBACIÓN DE LA HIPOTESIS

Se harán varias simulaciones para poder responder a nuestra tercera pregunta de investigación:

P3. ¿Es la capacidad planificada de los stocks intermedios para la producción a régimen, la adecuada para la fase de escalada de producción?

Durante la fase de escalada se tomaron valores de los tiempos entre paradas y los tiempos de averías y se vio que los tiempos iban variando a medida que avanzaba la escalada de producción. En la primera mitad de la escalada eran muy bien representadas por una distribución exponencial en el primer caso y por una de Erlang, en el segundo. En la tabla 10 se detallan los tiempos medios entre averías para cada semana.

Tabla 10 Tiempos medios entre averías en las 8 semanas de la escalada

	A1	A2	A3	A4
1,0	13,0	59,0	31,6	18,7
2,0	26,9	39,4	19,7	16,0
3,0	15,2	12,0	14,4	15,5
4,0	12,2	36,3	19,4	22,9
5,0	10,1	46,3	19,9	23,7
6,0	11,6	33,7	28,7	23,1
7,0	15,7	50,3	22,3	19,4
8,0	13,8	51,9	21,0	25,1

En la tabla 11 se presenta el parámetro k de la distribución de Erlang de los tiempos medios de reparación y los propios tiempos medidos durante el periodo de toma de datos de 8 semanas.

Tabla 11 Media semanal de los tiempos de reparación y del parámetro k durante 8 semanas de escalada

	A1		A2		A3		A4	
	Media	K	Media	K	Media	K	Media	K
1	8,20	1	22,83	1	19,38	2	9,20	1
2	10,00	1	5,17	1	5,17	3	6,72	3
3	4,64	1	20,00	1	8,75	1	6,95	6
4	5,11	1	8,05	2	10,73	2	5,42	1
5	9,78	1	12,08	1	10,25	1	7,50	3
6	5,37	1	5,65	2	4,23	3	5,00	4
7	3,70	1	7,88	1	5,41	1	7,18	1
8	4,50	1	6,74	1	6,84	1	7,46	1

Con las anteriores medias semanales, con los tiempos ciclo de cada instalación medidos en dicho periodo y con la curva de escalada concreta de esas instalaciones en el periodo descrito, se lanzará la simulación del modelo, para comprobar si es posible cumplir la curva de escalada planificada. Los resultados serán las desviaciones de las producciones obtenidas por turno y por semana frente a las planificadas en la curva de escalada.

Para comprobar si dichas producciones obtenidas mediante la simulación pueden ser mejoradas con el aumento de los almacenes intermedios, se lanzarán varias simulaciones variando el tamaño de los mismos y se verificarán las producciones resultantes.

7.5 RESULTADO DE LA SIMULACIÓN Y PROPUESTA DE MEJORA

Una vez lanzada la simulación para un periodo de 8 semanas, un total de 39 días laborables, recogemos los datos de producción de la instalación A4 y los mostramos en la gráfica 32 comparados con la curva de escalada planificada. Como se puede observar, existen dos periodos en los cuales no se consigue la producción planificada en la curva de escalada.

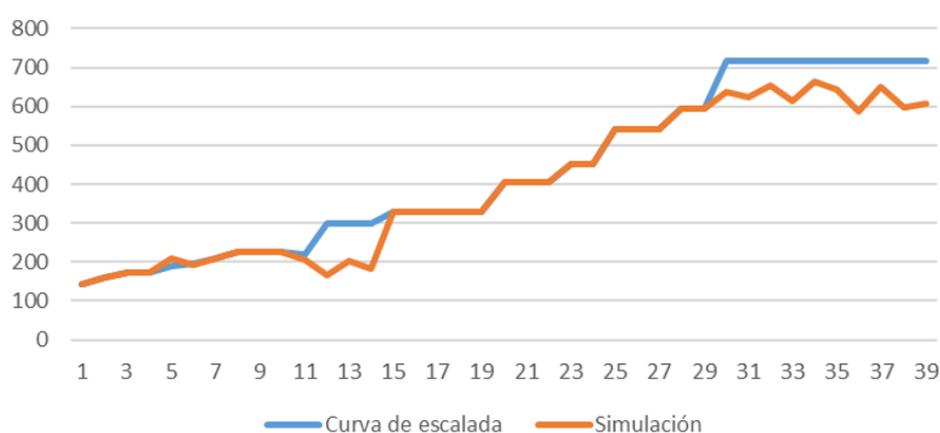


Figura 32 Comparativa de la curva de escalada planificada frente al resultado de la simulación

La primera consiste en una semana en el principio de la escalada, en la cual el lateral izquierdo era el cuello de botella. El segundo corresponde a las dos últimas semanas de la curva de escalada. Las causas del primer caso, en el cual se perdieron 360, carrocerías corresponden a una mala semana debido a averías graves u otras incidencias puntuales, ya que como se puede apreciar durante la simulación el lateral derecho podría haber producido más y estuvo siempre bloqueado por la instalación siguiente, que a su vez producía a la velocidad del lateral izquierdo. El segundo no cumplimiento de producción es el habitual al finalizar la escalada de producción. Las instalaciones no han conseguido aún llegar al tiempo ciclo contratado o las averías son más frecuentes y/o más largas.

La propuesta que hacemos para solventar el incumplimiento del volumen de producción en el primer caso es aumentar el almacén posterior del lateral izquierdo (A2 to A4) que dispone de una capacidad inicial de 40 unidades para llegar hasta 90 unidades.

Una vez lanzada la simulación comprobamos que, si bien, no se consigue no perder carrocerías, el número de carrocerías perdidas se reduce hasta 200. En la

gráfica 33 se puede apreciar con detalle la diferencia al aumentar el almacén intermedio A2 to A4 en 50 unidades en el periodo en cuestión.

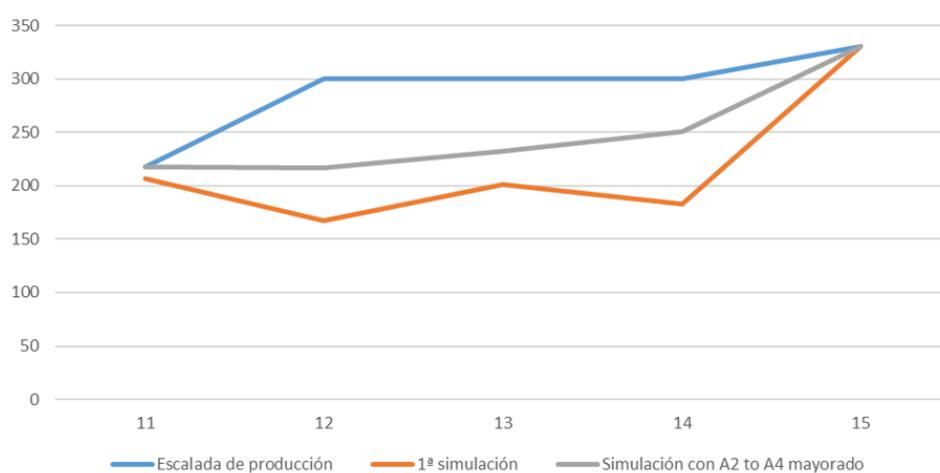


Figura 33 Comparativa de los resultados de la simulación al aumentar el almacén A2 to A4 en 50 unidades

En el tramo final de la curva de escalada el almacén adicional de laterales izquierdos no mejora las producciones, como se puede ver en la gráfica 34 con las comparativas durante todo el periodo.

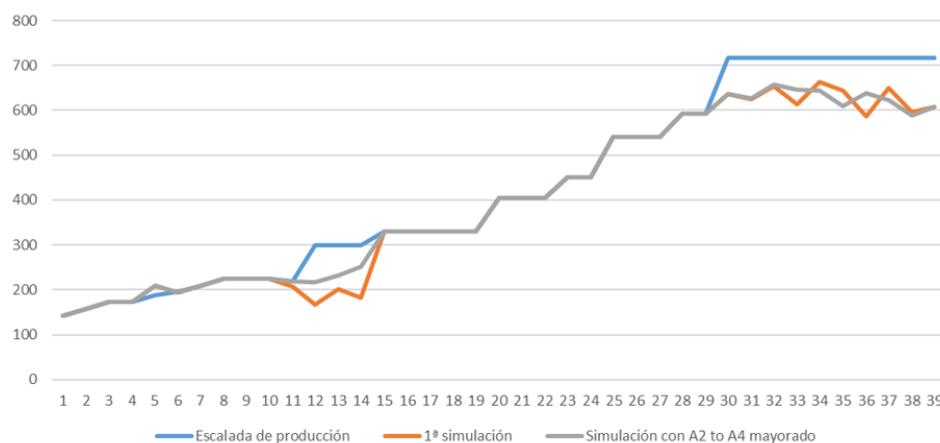


Figura 34 Comparativa de los resultados de la primera simulación y la simulación aumentando el almacén A2 to A4 en referencia a la curva de escalada completa

Resultado de la simulación y propuesta de mejora

A continuación, realizamos otra simulación aumentando también el almacén de laterales derechos hasta 90 unidades de capacidad. En la Figura 35 se representa la evolución de la producción simulada con la escalada.

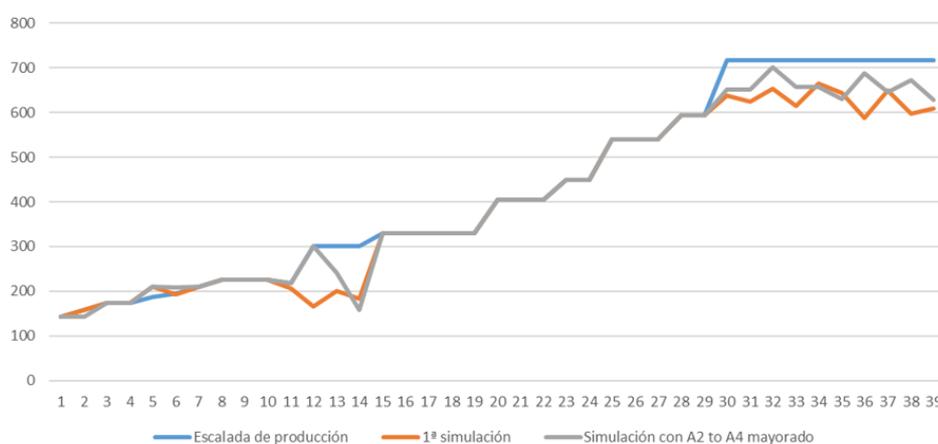


Figura 35 Comparativa de los resultados de la primera simulación y la simulación aumentando los almacenes A2 to A4 y A3 to A4 en referencia a la curva de escalada completa

Como se puede apreciar la producción mejora tanto en la primera pérdida como la del final de la escalada. En la tabla 12 se presenta el resumen de las producciones completas de la escalada simuladas anteriormente.

Tabla 12 Producciones totales resultantes de las simulaciones comparadas con la producción planificada de la escalada

Producción total planificada en la curva de la escalada	Simulación A1 to A4 40 A2 to A4 40 A3 to A4 40	Simulación A1 to A4 40 A2 to A4 90 A3 to A4 40	Simulación A1 to A4 40 A2 to A4 90 A3 to A4 90
16.774	15.543	15.701	16.008

7.6 CONCLUSIÓN

Como se ha visto en este capítulo, la disponibilidad y los tiempos ciclo de las instalaciones estudiadas no pudieron mejorar al ritmo necesario para llegar a cumplir la curva de escalada planificada. La presión actual para reducir los ciclos de vida de los modelos implica directamente la reducción de la duración de la escalada lo cual dificulta la posibilidad de obtener tiempo libre de producción para optimizar las instalaciones derivando exactamente en situaciones como en la del caso aquí estudiado.

Tras ver los resultados de las diferentes simulaciones en el apartado anterior se puede afirmar que el aumentar los almacenes intermedios entre las instalaciones que sirven a la línea principal mejora los resultados de producción de la misma. Si pensamos que este efecto ocurre a lo largo de toda la línea principal de chapistería nos damos cuenta de las importantes repercusiones que puede tener el disponer de subconjuntos adicionales a la hora de cumplir con los objetivos de producción durante la escalada.

La rentabilidad de realizar las inversiones necesarias para aumentar los almacenes intermedios es prácticamente nula ya que como hemos visto solo son aprovechables durante la escalada y hasta que el taller consigue los valores de tiempos ciclo y disponibilidad objetivo. Sin embargo, existe la posibilidad de almacenar subconjuntos fuera de línea de una forma provisional.

Las instalaciones de chapistería tienen la posibilidad de extraer conjuntos para comprobar la calidad de los mismos y posteriormente volverlos a introducir en el flujo. Por este método se pueden sacar piezas cuando la instalación está bloqueada por delante y se pueden introducir cuando la instalación esté en avería. De esta forma solo harían falta contenedores y un lugar donde almacenarlos, lo cual representa unas inversiones mínimas.

Para el taller de pintura, en el cual el grado de automatización es similar al de chapistería la propuesta es almacenar carrocerías terminadas del taller de chapistería, y carrocerías pintadas adicionales a las almacenadas cuando la fábrica se encuentra a régimen. El taller de montaje, eminentemente manual,

Conclusión

tiene una disponibilidad de un 99,5% y este valor no se ve afectado durante un lanzamiento.

El aumentar los almacenes intermedios durante la fase de escalada de producción es una medida provisional que ha de durar mientras las disponibilidades y tiempos ciclo de las instalaciones no alcanzan los tomados como base para calcular los almacenes intermedios durante la fase de diseño de los talleres. Es por esto que la dimensión de los suplementos de los almacenes intermedios de cada instalación deberá ir variando en función de las disponibilidades y tiempos ciclo de las instalaciones que conecta hasta desaparecer una vez alcanzadas las disponibilidades y tiempos ciclo base del cálculo.

El aumentar los almacenes intermedios está en contra de dos principios fundamentales del sistema de producción (crear un flujo continuo y usar sistemas "Pull") sin embargo, podría traer las ventajas arriba especificadas para la fase de la escalada de producción de un nuevo modelo.

CONCLUSIONES FINALES DE LA TESIS Y POSIBLES LÍNEAS FUTURAS DE INVESTIGACIÓN

Esta tesis investiga por qué fracasan los lanzamientos de los nuevos modelos en el sector de automoción en Europa y cómo se podrían mejorar. La cantidad de lanzamientos de nuevos productos está creciendo como consecuencia de que los mercados exigen actualmente ciclos de vida más cortos de los productos. Este incremento del número de lanzamientos de nuevos productos representa nuevos desafíos para las industrias en general y en concreto para el sector de la automoción. Existen evidencias de que más del 50% de los lanzamientos de nuevos productos en el sector de la automoción no consiguen alcanzar los objetivos de producción y calidad preestablecidos (Laurène Surbier, Alpan, and Blanco 2014; Straube, Stölzle, and Schuh 2008). Además, las grandes pérdidas económicas derivadas de la pérdida de productividad se concentran en la fase de la escalada de un nuevo producto (Ball et al. 2011; H. Almgren 2000) y Gopal valora estas pérdidas entre 43 y 52 millones de dólares (Gopal, Goyal, and Netessine 2013), lo que hace de esta fase dentro del ciclo de vida de un producto especialmente interesante como objeto de investigación.

La aplicación del mismo sistema de producción (PS) a toda la serie, escalada y régimen, se ha encontrado que podría ser la causa del fracaso de los lanzamientos. La rigidez del propio sistema de producción y su falta de adaptación a las condiciones de contorno de la fase de escalada hacen difícil conseguir cumplir con los objetivos de calidad y productividad planificados. Este hecho es de suma importancia para la industria en general, y especialmente para los nuevos lanzamientos en el sector de la automoción ya que abre nuevas vías para orientar la mejora de los lanzamientos.

El lanzamiento, que es una interfaz entre el desarrollo del producto y su producción a régimen, debe facilitar la detección de problemas, errores, defectos, incidencias y cuantos aspectos sean difíciles de detectar en el desarrollo del producto. Es, por lo tanto, un momento que necesita de elementos propios en el sistema de producción, como son especialmente la flexibilidad y la capacidad de mejora.

De la revisión bibliográfica aprendimos que muchas publicaciones ofrecen soluciones de cómo mejorar algunos aspectos en los lanzamientos, pero no se encontró ninguna propuesta que analice la idoneidad de utilizar el mismo sistema de producción durante la fase de escalada de un nuevo modelo y su posterior producción en serie a régimen.

A través de un caso de estudio llevado a cabo en una fábrica de automóviles, se analizaron qué situaciones extraordinarias se dan durante la escalada de producción de un nuevo modelo y se compararon con la situación en serie a régimen, viendo los primeros indicios de que los sistemas de producción de serie pueden acarrear dificultades cuando son aplicados de igual forma en la fase de escalada de producción.

Analizando, tanto los datos cuantitativos del resultado del lanzamiento del caso de estudio mencionado y de las situaciones experimentadas en el mismo desde el punto de vista de los siete principios del EPS, se concluye que existen tres principios cuya aplicación se ve más comprometida en la fase de escalada de producción: crear flujo continuo, usar sistemas "Pull" y parar para resolver problemas. En concreto cuando las instalaciones tienen tantos problemas de eficiencia como las que aparecen en la fase de escalada, interesa independizar unas de otras para evitar al máximo las interferencias entre ellas. Además, cuando el tiempo es escaso para conseguir la producción planificada, es conveniente no parar para resolver problemas, siempre que se pueda. Esta es la base para la definición de las dos propuestas desarrolladas en esta tesis: modificar el sistema de mejora continua y aumentar los almacenes intermedios durante la fase de escalada de producción de un nuevo modelo.

Mediante una investigación en acción realizada en la misma fábrica del anterior caso de estudio, se modificó el sistema de gestión de la mejora continua de la serie a régimen para crear uno específico para el lanzamiento, fundamentalmente en tres aspectos: La división del coche en más zonas, el potenciar los grupos de análisis con más medios y el crear un ente que adjudicó los problemas a los equipos. Los resultados obtenidos de la aplicación de un sistema especialmente adaptado al lanzamiento, parte de la investigación en acción, mostraron la bondad del sistema.

Por último, se desarrolló la propuesta de aumentar los almacenes intermedios durante la fase de escalada. A través de una simulación alimentada con datos reales del lanzamiento que formó parte de la investigación en acción. Quedó demostrado que la capacidad de los almacenes intermedios en el taller de chapistería es suficiente para una situación de serie a régimen, pero no lo es para una situación de escalada de producción y que incrementar la capacidad de los almacenes entre las instalaciones que fabrican los subgrupos que alimentan la línea principal aumenta la capacidad productiva del taller durante la escalada de producción, sin llegar a resolver del todo el problema.

Como conclusión final de la tesis se puede afirmar lo siguiente: que la causa del fracaso de los lanzamientos podría encontrarse en utilizar el mismo sistema de producción de la serie a régimen para la fase de la escalada; que las condiciones de contorno de una fábrica de automóviles durante la fase de escalada de un nuevo modelo varían sustancialmente con respecto a la fase de producción de serie a régimen y que, por tanto, el sistema de producción ha de variar para adaptarse a las nuevas circunstancias. En concreto se ha de crear un sistema de mejora continua específico para el lanzamiento y se ha de asegurar la correcta adjudicación de los problemas a los equipos de mejora, para evitar pérdidas de tiempo y recursos, así como desmotivación en ellos. Además, mientras no se alcancen los objetivos de tiempo ciclo y disponibilidad de las instalaciones automáticas, es necesario aumentar los almacenes intermedios entre ellas y la línea principal, lo que podría aliviar el problema.

Si bien los cambios en el EPS aquí propuestos requerirán un acuerdo dentro de la industria de la automoción, el desafío es diseñar una adaptación del sistema de producción para la fase de escalada de la producción que actúe como una transición entre la SOP y la producción en serie. Este sistema, que estaría más orientado a fomentar la capacidad de mejora organizacional y a reducir las paradas que ocurren en la línea de producción al aumentar el tamaño de los almacenes intermedios, se adaptaría mejor a las condiciones reales de producción en la fase de escalada y ayudaría a los directivos a alcanzar sus objetivos durante esta fase crítica de la producción.

Para la realización de esta tesis se han recabado datos de producción de una única planta de fabricación de automóviles durante dos lanzamientos separados entre ellos ocho años, además de informes y datos de la producción de serie a régimen. El hecho de que los estudios se hayan realizado en una única fábrica puede ser una limitación, aunque el conocimiento que el equipo investigador tiene del sector de la automoción sugiere que las situaciones e instalaciones son replicables en otras fábricas de coches.

En esta tesis se ha investigado la idoneidad de utilizar el mismo sistema de producción durante toda la serie, fase de escalada y producción en serie a régimen. Este tema, que es normalmente aceptado en la industria del automóvil, representa una innovación relevante en la forma de abordar la mejora de los lanzamientos. Siendo los lanzamientos claves para explicar la calidad y productividad de los nuevos modelos en la producción en serie a régimen. Dos aspectos de los sistemas de producción que son la gestión de la mejora continua y la gestión de los almacenes intermedios contingentes a la fase de escalada demuestran que utilizar un nuevo sistema de producción para la escalada es necesario, conveniente y mejora la capacidad de cumplir con los objetivos de calidad y productividad.

Otras líneas de investigación que quedan abiertas para el futuro son determinar qué cambios sustanciales deben de tener el resto de aspectos que conforman un sistema de producción (formación de los trabajadores, tratamiento

Conclusiones finales de la tesis y posibles líneas futuras de investigación

de defectos, gestión de proveedores etc.) para adaptarse a las situaciones de la fase de escalada de producción de un nuevo modelo.

REFERENCIAS



- Agard, Bruno, and Samuel Bassetto. 2013. "Modular design of product families for quality and cost." *International Journal of Production Research* 51 (6): 1648-1667. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.693963>. <Go to ISI>://WOS:000313031400002.
- Al Qur'an, M.N. 2010. "How to use Multiple Case Studies in International Business Research: Methodological Aspects." *International Review of Business Research Papers* 6 (2): 104-119.
- Almgren, H. 2000. "Pilot production and manufacturing start-up: the case of Volvo S80." *International Journal of Production Research* 38 (17): 4577-4588. <https://doi.org/10.1080/00207540050205316>.
- Almgren, Henrik. 1999. "Towards a framework for analyzing efficiency during start-up: An empirical investigation of a Swedish auto manufacturer." *International Journal of Production Economics* 60-61: 79-86. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273\(98\)00189-3](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0925-5273(98)00189-3). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527398001893>.
- Americo, Azevedo, and Antonio Almeida. 2011. "Factory Templates for Digital Factories Framework." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 27 (4): 755-771. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2011.02.004>. <Go to ISI>://WOS:000291458900014.
- Bahrs, Julian, and Priscilla Heinze. 2009. *KMDL for innovation and production ramp-up process evaluation. A case study*. Edited by K. Liu. *Kmis 2009: Proceedings of the International Conference on Knowledge Management and Information Sharing*.
- Ball, P. D., S. Roberts, A. Natalicchio, and C. Scorzafave. 2011. "Modelling production ramp-up of engineering products." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers -- Part B -- Engineering Manufacture* (Sage Publications, Ltd.) 225 (6): 959. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip.url&db=edb&AN=67345873><=es&site=eds-live.

Referencias

- Banyuls, J., and R. Lorente. 2010. "La industria del automóvil en España: reorganización de la cadena de valor y la gestión laboral." *Revista de economía crítica* 9: 32-52.
- Basse, Isabel, Alexander Sauer, and Robert Schmitt. 2014. "Scalable Ramp-up of Hybrid Manufacturing Systems." *Procedia CIRP* 20: 1. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edo&AN=99066083>{=es&site=eds-live.
- Batalha, G. F., R. C. Schwarzwald, and G. L. Damoulis. 2004. "New trends in computer simulation as integrated tool for automotive components development." In *Materials Processing and Design: Modeling, Simulation and Applications, Pts 1 and 2*, edited by S. Ghosh, J. M. Castro and J. K. Lee, In Aip Conference Proceedings, 2103-2107.
- Baxter, P., and S. Jack. 2008. "Qualitative Case Study Methodology: Study design and implementation for novice researchers." *The qualitative report* 13(4): 544-559.
- Belis-Bergouignan, Marie-Claude, Gerard Bordenave, and Yannick Lung. 2000. "Global Strategies in the Automobile Industry." *Regional Studies* 34 (1): 41-53. <https://doi.org/10.1080/00343400050005871>. <http://dx.doi.org/10.1080/00343400050005871>.
- Bergenwall, Amy L., Chialin Chen, and Richard E. White. 2012. "TPS's process design in American automotive plants and its effects on the triple bottom line and sustainability." *International Journal of Production Economics* 140: 374-384. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.04.016>. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edselp&AN=S0925527312001764>{=es&site=eds-live.
- Blum, Matthias, Simone Runge, Marcel Groten, and Sebastian Stiller. 2014. "Interrelationships between Product Quality and Different Demand Cases in Ramp-up Scenarios." *Procedia CIRP* 20: 81-84. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2014.05.035>. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edselp&AN=S2212827114007094>{=es&site=eds-live.
- Bohn, R. E., and C. Terwiesch. 1999. "The economics of yield-driven processes." *Journal of Operations Management* 18 (1): 41-59.

- [https://doi.org/10.1016/s0272-6963\(99\)00014-5](https://doi.org/10.1016/s0272-6963(99)00014-5). <Go to
ISI://WOS:000085674800003.
- Bruch, Jessica, and Monica Bellgran. 2014. "Integrated portfolio planning of products and production systems." *Journal of Manufacturing Technology Management* 25 (2): 155. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=95390455>(=es&site=eds-live.
- Buescher, Christian, and Eckart Hauck. 2012. "Key Performance Indicators for the Impact of Cognitive Assembly Planning on Ramp-Up Process." *Advances in Decision Sciences*: 1-19. <https://doi.org/10.1155/2012/798286>. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=bsx&AN=87117228>(=es&site=eds-live.
- Bullinger, Hans-Jörg, F. Fremerey, and J. Fuhrberg-Baumann. 1995. "Innovative production structures — Precondition for a customer-orientated production management." *International Journal of Production Economics* 41 (1): 15-22. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0925-5273\(95\)00079-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/0925-5273(95)00079-8). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0925527395000798>.
- Bultó, Ramón, Elisabeth Viles, and Ricardo Mateo. 2018. "Overview of ramp-up curves: A literature review and new challenges." *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture* 232 (5): 755-765. <https://doi.org/10.1177/0954405416654416>. <https://doi.org/10.1177/0954405416654416>.
- Calantone, Roger J., and C. Anthony Di Benedetto. 2012. "The role of lean launch execution and launch timing on new product performance." *Journal of the Academy of Marketing Science* 40 (4): 526-538. <https://doi.org/10.1007/s11747-011-0258-1>. <Go to
ISI://WOS:000304166200002.
- Carrillo, J. E., and R. M. Franza. 2006. "Investing in product development and production capabilities: The crucial linkage between time-to-market and ramp-up time." *European Journal of Operational Research* 171 (2): 536-556. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2004.08.040>. <Go to
ISI://WOS:000234629600010.
- Carrillo, J. E., and C. Gaimon. 2000. "Improving manufacturing performance through process change and knowledge creation." *Management Science* 46

Referencias

- (2): 265-288. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.2.265.11925>. <Go to ISI://WOS:000086130700007.
- Ceglarek, D, and J Jin. 2004. "Introduction: Modeling and analysis for complex production systems. position statement." *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 16 (1): 5-9. <https://doi.org/10.1023/B:FLEX.0000039311.13861.a7>.
- Ceglarek, D., W. Huang, S. Zhou, Y. Ding, R. Kumar, and Y. Zhou. 2004. "Time-based competition in multistage manufacturing: Stream-of-variation analysis (SOVA) methodology - review." *International Journal of Flexible Manufacturing Systems* 16 (1): 11-44. <https://doi.org/10.1023/B:FLEX.0000039171.25141.a4>. <Go to ISI://WOS:000223494400002.
- Chanaron, J.J. 2004. "Relationships between the core and the periphery of the European automotive system." *International Journal of Automotive Technology and Management (IJATM)* 4: 2/3.
- Chapanis, A. 1996. Human factors in systems engineering. New york: John Willey & Sons.
- Chaudhuri, Atanu, Bhaba Krishna Mohanty, and Kashi Naresh Singh. 2013. "Supply chain risk assessment during new product development: a group decision making approach using numeric and linguistic data." *International Journal of Production Research* 51 (10): 2790-2804. <https://doi.org/10.1080/00207543.2012.654922>. <Go to ISI://WOS:000317302100001.
- Chen, Y. M. J., Jau-Wen Wang, and Tzong-Ru Lee. 2011. "Two-stage decision support for production ramp-up." *International Journal of Agile Systems and Management* (4). <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edsgea&AN=edsgcl.270823601&es&site=eds-live>.
- Chien, WTK, and M Li. 2012. "Reduce Time-to-Market by Considering Reliability Tradeoffs." *Ieee Transactions on Reliability* 61 (4): 837-845. <https://doi.org/10.1109/TR.2012.2222471>.
- Christian, Kruger, Klemke Tim, Heins Michael, and Peter Nyhuis. 2010. "Development of a Methodology to assess the Capability of Production Ramp-up." *Lecture Notes in Engineering and Computer Science* 2187.

- Chung, R. C. P., S. L. Chan, and W. H. Ip. 2010. "A Study of Cross-Functional Teams in the New Product Development Process." In *Proceedings of the 6th Cirp-Sponsored International Conference on Digital Enterprise Technology*, edited by G. Q. Huang, K. L. Mak and P. G. Maropoulos, In *Advances in Intelligent and Soft Computing*, 385-397.
- Coffey, D., and C. Thornley. 2006. "Automation, motivation and lean production reconsidered." *Assembly Automation* 26 (2): 98-103. <https://doi.org/10.1108/01445150610658068>. <Go to ISI>://WOS:000237490900009.
- Das, S., and A. Patnaik. 2015. "4 - Production planning in the apparel industry." In *Garment Manufacturing Technology*, edited by Rajkishore Nayak and Rajiv Padhye, 81-108. Woodhead Publishing.
- Du, Shichang, Lifeng Xi, Jun Ni, Pan Ershun, and C. Richard Liu. 2008. "Product lifecycle-oriented quality and productivity improvement based on stream of variation methodology." *Computers in Industry* 59 (2): 180-192. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.1016/j.compind.2007.06.023>. <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361507001029>.
- Eisenhardt, K. M. 1989. "Building theories from case-study research." *Academy of Management Review* 14 (4): 532-550. <https://doi.org/10.2307/258557>. <Go to ISI>://WOS:A1989AV14400005.
- Eisenhardt, K. M., and J. A. Martin. 2000. "Dynamic capabilities: What are they?" *Strategic Management Journal* 21 (10-11): 1105-1121. [https://doi.org/10.1002/1097-0266\(200010/11\)21:10/11<1105::aid-smjl33>3.0.co;2-e](https://doi.org/10.1002/1097-0266(200010/11)21:10/11<1105::aid-smjl33>3.0.co;2-e). <Go to ISI>://WOS:000165188900009.
- Fitzek, Daniel. 2005. *Anlaufmanagement in interorganisationalen Netzwerken : Eine empirische Analyse von Erfolgsdeterminanten in der Automobilindustrie*.
- Fjallstrom, S., K. Safsten, U. Harlin, and J. Stahre. 2009. "Information enabling production ramp-up." *Journal of manufacturing technology management* 20 (2): 178-196. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edsbl&AN=RN244483949<es&site=eds-live>.
- Geyer, M., and P. Guttl. 2003. *MPM - Increasing planning quality using complex working standards*. Edited by H. Strasser, K. Kluth, H. Rausch and H. Bubb. *Quality of Work and Products in Enterprises of the Future*.

Referencias

- Glock, Christoph H., and Eric H. Grosse. 2015. "Decision support models for production ramp-up: a systematic literature review." *International Journal of Production Research* 53 (21): 6637-6651. <https://doi.org/10.1080/00207543.2015.1064185>. <Go to ISI>://WOS:000361381400018.
- Glock, Christoph H., and Mohamad Y. Jaber. 2012. "Production planning for a ramp-up process with learning in production and growth in demand." *International Journal of Production Research* 50 (20). <https://doi.org/10.1080/00207543.2011.616549>.
- Gopal, A., M. Goyal, and S. Netessine. 2013. "The Impact of New Product Introduction on Plant Productivity in the North American Automotive Industry." *Management Science* 59 (10): 2217-2236. <https://doi.org/10.1287/mnsc.2013.1709>.
- Govind, N., D. Fronckowiak, and Ieee Ieee. 2003. "Setting performance targets in a 300mm wafer fabrication facility." In *Asmc 2003: Ieee/Semi*, In Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop - Proceedings, 75-79.
- Grewal, N. S., A. C. Bruska, T. M. Wulf, and J. K. Robinson. 1998. *Integrating targeted cycle-time reduction into the capital planning process*. Edited by D. J. Medeiros, E. F. Watson, J. S. Carson and M. S. Manivannan. 1998 Winter Simulation Conference Proceedings, Vols 1 and 2.
- Gross, Uwe. 2014. "Fighting the fire: improvisational behavior during the production launch of new products." *International Journal of Operations & Production Management* 34 (6): 722-749. <https://doi.org/10.1108/ijopm-08-2012-0306>. <Go to ISI>://WOS:000341870900001.
- Gross, Uwe, and Tim Renner. 2010. "Coordination and Cooperation During Production Ramp-up: An Empirical Study of the European Manufacturing Industry." Production and Operations Management Society 21st Annual Conference 2010, Vancouver.
- Guba, Egon G., and Yvonna S. Lincoln. 2005. "Paradigmatic Controversies, Contradictions, and Emerging Confluences." In *The Sage handbook of qualitative research, 3rd ed.*, 191-215. Thousand Oaks, CA: Sage Publications Ltd.
- Haller, M., A. Peikert, and J. Thoma. 2003. "Cycle time management during production ramp-up." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 19 (1-

- 2): 183-188. [https://doi.org/10.1016/s0736-5845\(02\)00078-9](https://doi.org/10.1016/s0736-5845(02)00078-9). <Go to ISI>://WOS:000181481700020.
- Hammett, P. C., S. M. Wahl, and J. S. Baron. 1999. "Using flexible criteria to improve manufacturing validation during product development." *Concurrent Engineering-Research and Applications* 7 (4): 309-318. <https://doi.org/10.1177/1063293x9900700404>. <Go to ISI>://WOS:000086079700004.
- Harvey, Michael G., and David A. Griffith. 2007. "The role of globalization, time acceleration, and virtual global teams in fostering successful global product launches." *Journal of Product Innovation Management* 24 (5): 486-501. <https://doi.org/10.1111/j.1540-5885.2007.00265.x>. <Go to ISI>://WOS:000249182400007.
- Harwit, E. 1993. "Japanese management methods and western investment in eastern-europe - The case of the automotive industry." *Columbia Journal of World Business* 28 (3): 46-61. [https://doi.org/10.1016/0022-5428\(93\)90018-k](https://doi.org/10.1016/0022-5428(93)90018-k).
- Heins, Michael, Tim Klemke, and Candy Patrick Schulze. 2008. "Supplier Management by Ramp-up Competent Production Systems Design." *Pps Management* 13 (4): 29-32. <Go to ISI>://WOS:000261664300007.
- Hermawati, Setia, Glyn Lawson, Mirabelle D'Cruz, Frank Arlt, Judith Apold, Lina Andersson, Maria Gink Lovgren, and Lennart Malmeskold. 2015. "Understanding the complex needs of automotive training at final assembly lines." *Applied Ergonomics* 46: 144-157. <https://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.014>. <Go to ISI>://WOS:000347736900018.
- Hertrampf, Frauke, Martin Stirzel, and Ralph Eberspacher. 2008. "A reference model for efficient planning of company-wide production ramp-up." *Pps Management* 13 (4): 49-52. <Go to ISI>://WOS:000261664300012.
- Hilletoft, Per, and David Eriksson. 2011. "Coordinating new product development with supply chain management." *Industrial Management & Data Systems* 111 (1-2): 264-281. <https://doi.org/10.1108/02635571111115173>. <Go to ISI>://WOS:000289587800014.
- Hinrichs, J., J. Rittscher, F. Laakmann, and B. Hellingrath. 2004. *Collaborative ramp-up planning and controlling*. Edited by R. Schoop, A. Colombo, R. Bernhardt and G. Schreck. 2004 2nd Ieee International Conference on Industrial

Referencias

- Informatics: Collaborative Automation - One Key for Intelligent Industrial Environments.*
- Ho, Linda Lee, and Roberto C. Quinino. 2012. "Integrating on-line process control and imperfect corrective maintenance: An economical design." *European Journal of Operational Research* 222 (2): 253-262. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2012.04.019>. <Go to ISI://WOS:000306204600007.
- Horbach, Sebastian, Joerg Ackermann, Egon Mueller, and Jens Schuetze. 2011. "Building blocks for adaptable factory systems." *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 27 (4): 735-740. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2010.12.011>. <Go to ISI://WOS:000291458900011.
- Hudson, R. 2002. "Changing industrial production systems and regional development in the New Europe." *Transactions of the Institute of British Geographers* 27 (3): 262. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=10440976> <es&site=eds-live.
- Huentelmann, Joerg, Steffen Reinsch, and Adriana Maertens. 2007. "Logistic- and cost-oriented cross-company ramp-up planning." *Digital Enterprise Technology: Perspectives and Future Challenges*: 115-122. https://doi.org/10.1007/978-0-387-49864-5_13. <Go to ISI://WOS:000248139400013.
- Juering, Jan, and Peter Milling. 2006. "Manufacturing Start-ups in the Automobile Industry." 24th International Conference of the System Dynamics Society 2006, Nijmegen, The Netherlands.
- Jürgens, Ulrich. 2003. Characteristics of the European automotive system : is there a distinctive European approach?: Charakteristika der europäischen Automobilindustrie : gibt es einen europäischen Weg? Germany, Berlin: Wissenschaftszentrum Berlin für Sozialforschung GmbH.
- Jürging, Jan. 2008. Systemdynamische Analyse des Serienanlaufs in der Automobilindustrie. Kovač.
- Kaneko, Jun, and Wataru Nojiri. 2008. "The logistics of Just-in-Time between parts suppliers and car assemblers in Japan." *Journal of Transport Geography* 16 (3): 155-173. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2007.06.001>. <Go to ISI://WOS:000255544600001.

- Kontio, Jyri, and Harri Haapasalo. 2005. "A project model in managing production ramp-up. A case Study in wire harness industry." *International Journal of Innovation & Technology Management* 2 (1): 101. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=18526417>(=es&site=eds-live).
- Krüger, Christian, Klemke Tim, Heins Michael, and Peter Nyhuis. 2010. "Development of a Methodology to assess the Capability of Production Ramp-up." *Lecture Notes in Engineering and Computer Science* 2187.
- Kuhn, Axel. 2002. "Fast ramp up" : schneller Produktionsanlauf von Serienprodukten. Verl. Praxiswissen; (Dortmund). <https://www.tib.eu/de/suchen/id/TIBKAT%3A352934484>.
- Lakemond, Nicolette, Thomas Magnusson, Glenn Johansson, and Kristina Safsten. 2013. "Assessing Interface Challenges in Product Development Projects." *Research-Technology Management* 56 (1): 40-48. <https://doi.org/10.5437/08956308x5505078>. <Go to ISI://WOS:000313598600009.
- Lanza, Gisela, and Anna Sauer. 2012. "Simulation of personnel requirements during production ramp-up." *Production Engineering (09446524)* 6 (4/5): 395. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=78333202>(=es&site=eds-live).
- Leachman, R. C., and D. A. Hodges. 1996. "Benchmarking semiconductor manufacturing." *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing* 9 (2): 158-169. <https://doi.org/10.1109/66.492810>.
- Leitao, Paulo, J. Marco Mendes, Armando W. Colombo, and Ieee. 2009. "Smooth Migration from the Virtual Design to the Real Manufacturing Control." In *2009 7th Ieee International Conference on Industrial Informatics, Vols 1 and 2*, In IEEE International Conference on Industrial Informatics (INDIN), 539-544.
- Levalle, Rodrigo Reyes, Manuel Scavarda, and Shimon Y. Nof. 2013. "Collaborative production line control: Minimisation of throughput variability and WIP." *International Journal of Production Research* 51 (23-24): 7289-7307. <https://doi.org/10.1080/00207543.2013.778435>. <Go to ISI://WOS:000328246000036.

Referencias

- Levitt, Theodore. 1981. "El ciclo de vida de un producto. Gran oportunidad de marketing." *Harvard Deusto business review*, 23.
- Martinez Carazo, P. 2006. "El método de estudio de caso: Estrategia metodológica de la investigación científica." *Pensamiento & Gestión* 20.
- Meier, Horst, and M. Homuth. 2007. *Wohin steuert der Workflow*. Düsseldorf: Springer-VDI-Verlag GmbH.
- Merriam, Sharan B. 1988. *Case study research in education: A qualitative approach*. San Francisco, CA, US: Jossey-Bass.
- Milling, Peter, and Jan Jürging. 2008. "Der Serienanlauf in der Automobilindustrie: Technische Änderungen als Ursache oder Symptom von Anlaufschwierigkeiten?" *Spektrum des Produktions- und Innovationsmanagements*: 67.
<http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=76677777>(=es&site=eds-live.
- Niroomand, Iman, Onur Kuzgunkaya, and Akif Asil Bulgak. 2012. "Impact of reconfiguration characteristics for capacity investment strategies in manufacturing systems." *International Journal of Production Economics* 139 (1): 288-301. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2012.05.012>. <Go to ISI://WOS:000306877300031.
- . 2014. "The effect of system configuration and ramp-up time on manufacturing system acquisition under uncertain demand." *Computers & Industrial Engineering* 73: 61-74. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.04.017>.
<http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=bsx&AN=96346245>(=es&site=eds-live.
- Nugroho, Yohanes Kristianto. 2011. "Production ramp up in built-to-order supply chains." *Journal of Modeling in Management* 6 (2): 143.
<http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=70362939>(=es&site=eds-live.
- Osterrieder, Florian. 2017. "Bezugsrahmen zur Replikation von Produktionsroutinen in der Automobilindustrie." In *Replikation von Produktionsroutinen in der Automobilindustrie: Aufbau neuer Produktionsstätten*

- aus der Sicht der Routinen- und Lernforschung*, edited by Florian Osterrieder, 139-224. Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Otto, Christian, and Alena Otto. 2014. "Extending assembly line balancing problem by incorporating learning effects." *International Journal of Production Research* 52 (24): 7193. [http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=99545949\(-es&site=eds-live](http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=99545949(-es&site=eds-live).
- Pereira, Ana, M. Florentina Abreu, David Silva, Anabela C. Alves, Jose A. Oliveira, Isabel Lopes, and Manuel C. Figueiredo. 2016. "Reconfigurable Standardized Work in a Lean company - a case study." *Sixth International Conference on Changeable, Agile, Reconfigurable and Virtual Production (Carv2016)* 52: 239-244. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2016.07.019>. <Go to ISI://WOS:000383058300043.
- Perry, Chad. 1998. "A Structured Approach for Presenting Theses." *Australasian Marketing Journal (AMJ)* 6 (1): 63-85. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1441-3582\(98\)70240-X](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1441-3582(98)70240-X). <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S144135829870240X>.
- Pufall, Andreas, Jan C. Fransoo, Ad de Jong, and Ton de Kok. 2012. The impact of product complexity on Ramp-up performance. Eindhoven: BETA publicatie WP 389.
- Rabe, Markus, and Pavel Gocev. 2008. "Semantic web framework for rule-based generation of knowledge and simulation of manufacturing systems." *Enterprise Interoperability Iii: New Challenges and Industrial Approaches*: 397-409. https://doi.org/10.1007/978-1-84800-221-0_31. <Go to ISI://WOS:000257234000031.
- Ramos-Galarza, Carlos. 2015. "LOS PARADIGMAS DE LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Scientific research paradigms." 23.
- Riis, Jens O., Brian Vejrum Waehrens, and Erik Skov Madsen. 2010. "The Knowledge Dimension of Production Transfer." In *Advances in Production Management Systems: New Challenges, New Approaches*, edited by B. Vallespir and T. Alix, In IFIP Advances in Information and Communication Technology, 441-448.
- Rössler, Spiertz. 2014. Lean production and willingness to change: German industrial survey. 2014-04-01.

Referencias

- Sako, M. 2003. "Modularity and outsourcing - The nature of co-evolution of product architecture and organization architecture in the global automotive industry." *Business of Systems Integration*: 229-253. <Go to ISI>://CCC:000224128700011.
- Scholz-Reiter, B., F. Krohne, and B. Leng. 2007. "Technical product change teams: an organizational concept for increasing the efficiency and effectiveness of technical product changes during ramp-up phases." *International Journal of Production Research* 45 (7): 1631. <https://doi.org/10.1080/00207540600942524>.
- Schuh, G., J. C. Desoi, and G. Tucks. 2005. *Holistic approach for production ramp-up in automotive industry*. Edited by A. Bramley, D. Brissaud, D. Coutellier and C. McMahon. *Advances in Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering*.
- Schuh, Guenther, Thomas Gartzzen, and Johannes Wagner. 2015. "Complexity-oriented ramp-up of assembly systems." *Cirp Journal of Manufacturing Science and Technology* 10: 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cirpj.2015.05.007>. <Go to ISI>://WOS:000365992500001.
- Slamanig, M., and H. Winkler. 2010. "Wissenmanagement bei Produktwechselprojekten." *ZWF* 10: 893-900.
- Straube, Frank, Wolfgang Stölzle, and Günther Schuh. 2008. *Anlaufmanagement in der Automobilindustrie erfolgreich umsetzen : ein Leitfaden für die Praxis*. Book.VDI. Berlin: Springer.
- Surbier, L., G. Alpan, and E. Blanco. 2010. "Interface modeling and analysis during production ramp-up." *CIRP: Journal of Manufacturing Science & Technology* 2 (4): 247. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edo&AN=53830059>(=es&site=eds-live.
- Surbier, Laurene, Gülgün Alpan, and Eric Blanco. 2014. "A comparative study on production ramp-up: state-of-the-art and new challenges." *Production Planning & Control* 25 (15): 1264. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=99043113>(=es&site=eds-live.
- Teece, D. J., G. Pisano, and A. Shuen. 1997. "Dynamic capabilities and strategic management." *Strategic Management Journal* 18 (7): 509-533.

- [https://doi.org/10.1002/\(sici\)1097-0266\(199708\)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z](https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0266(199708)18:7<509::aid-smj882>3.0.co;2-z). <Go to ISI>://WOS:A1997XN42900001.
- Terwiesch, C., and R. E. Bohn. 2001. "Learning and process improvement during production ramp-up." *International Journal of Production Economics* 70 (1): 1-19. [https://doi.org/10.1016/s0925-5273\(00\)00045-1](https://doi.org/10.1016/s0925-5273(00)00045-1).
- Terwiesch, C., and Y. Xu. 2004. "The copy-exactly ramp-up strategy: Trading-off learning with process change." *Ieee Transactions on Engineering Management* 51 (1): 70-84. <https://doi.org/10.1109/tem.2003.822465>. <Go to ISI>://WOS:000188950500007.
- Thiebus, Sven, Ulrich Berger, Ralf Kretzschmann, and Insticc. 2006. "Knowledge management for ramp-up - Approach for knowledge management for ramp-up in the automotive industry." *ICEIS 2006: Proceedings of the Eighth International Conference on Enterprise Information Systems: ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND DECISION SUPPORT SYSTEMS*: 323-330. <Go to ISI>://WOS:000241933000053.
- Towill, D. R., and J. E. Cherrington. 1994. "Learning-curve models for predicting the performance of AMT." *International Journal of Advanced Manufacturing Technology* 9 (3): 195-203. <https://doi.org/10.1007/bf01754598>.
- Tschöpe, Sebastian, and Konja Knüppel. 2013. *Assessing and Improving Ramp-Up Capability*. Germany: International Journal of Mechanical, Aerospace, Industrial and Mechatronics Engineering.
- Tyre, M. J., and O. Hauptman. 1992. "Effectiveness of organisational responses to technological change in the production process." *Organization Science* 3 (3): 301-320. <https://doi.org/10.1287/orsc.3.3.301>.
- Von Hippel, E., and M. J. Tyre. 1995. "How learning by doing is done- Problem identification in novel process equipment." *Research Policy* 24 (1): 1-12. [https://doi.org/10.1016/0048-7333\(93\)00747-h](https://doi.org/10.1016/0048-7333(93)00747-h).
- Weber, Charles M., and Jiting Yang. 2014. "Organizational Learning and Capital Productivity in Semiconductor Manufacturing." *Ieee Transactions on Semiconductor Manufacturing* 27 (3): 316-326. <https://doi.org/10.1109/tsm.2014.2333035>. <Go to ISI>://WOS:000340627300002.
- Willmann, Roland, Estefania Serral, Wolfgang Kastner, Stefan Biffel, and Ieee. 2013. "Shortening of Product Ramp-up by using a Centralized Knowledge base." *2013 11th Ieee International Conference on Industrial Informatics (Indin)*: 516-522. <Go to ISI>://WOS:000335552900076.

Referencias

- Winkler, H., and M.I. Slamanig. 2011. "Der Produktwechsel als kritisches Problem des industriellen Managements." *Wingbusiness*: 6.
- Winkler, Helge, Michael Heins, and Peter Nyhuis. 2007. "A controlling system based on cause-effect relationships for the ramp-up of production systems." *Production Engineering (09446524)* 1 (1): 103. <http://ezproxy.tecnun.es:2048/login?url=http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&AuthType=ip,url&db=edb&AN=49483386>(=es&site=eds-live.
- Yin, R. K., and D. T. Campbell. 1989. *Case Study Research: Design and Methods. Applied Social Research Methods*: SAGE Publications.
- Yin, R.K. 2011. *Applications of case study research*. Vol. 34. SAGE publications, Inc.
- . 2014. *Case study research. Design and methods*. Sage publications, Inc.

ANEXO – PUBLICACIONES



Publicaciones en revistas

- Bultó R., Viles E. y Mateo R. (2018): "Overview of ramp-up curves: A literature review and new challenges." Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture, 232(5), 755-765.
DOI: 0954405416654416
JCR: Q2
- Viles E., Bultó R., Mateo R. y Jurburg D. (2021) "Production ramp-up in European automotive production systems: a performance analysis." Production Planning & Control, 32(1), 34-51.
DOI:10.1080/09537287.2020.1711980
JCR: Q1

Publicaciones en congresos

- **Artículo:** "Ramp-up curves: A literature review."
Autores: Bultó R., Viles E. y Mateo R.
Conferencia: 9th International Conference on Industrial Engineering and Industrial Management. XXI International Conference on Industrial Engineering and Operations Management International IIE Conference 2015
Lugar: Aveiro, Portugal. July 6-8, 2015.
- **Artículo:** "Adapting a pull-based production system for use during the ramp-up phase. A simulation case in an automotive plant".
Autores: Viles E., Bultó R., Mateo R., y Solá E.
Conferencia: 12th International Conference on Industrial

Engineering and Industrial Management (ICIEIM) XXII Congreso
de ingeniería de organización (CIO).
Lugar: Girona 12th-13th Julio 2018