



Universidad de Valladolid



ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

MÁSTER OFICIAL LOGÍSTICA UVA

LEAN MANUFACTURING EN PUESTO DE MONTAJE MOTORES 3 - GRUPO RENAULT

Autor:

Raposo Cabello, Rubén

Tutor:

Gento Municio, Ángel

Departamento:

**Organización y gestión de
empresas.**

Valladolid, julio 2019.

Resumen

La filosofía del Lean Manufacturing es capaz de eliminar numerosos desperdicios en las empresas generando un aumento del beneficio económico, ya sea por el ahorro de costes y gastos innecesarios y/o por una ganancia en efectividad y producción en todos los niveles de la empresa. Por este motivo, es vital que en las empresas que quieran integrar este modelo lo hagan de una manera transversal, pasando por la alta dirección y los operarios, siendo el factor humano lo más importante. El Grupo Renault, como empresa industrial manufacturera de vehículos a nivel internacional, lleva varios años integrando el Lean en todas las ubicaciones en las que trabaja, sin embargo, aún queda mucho camino por recorrer. En este proyecto se propone y se aplica una acción Lean Manufacturing para un puesto de la cadena de montaje de Motores 3 en la factoría de Valladolid, generando una ganancia de tiempo, seguridad y área.

Palabras clave: Lean Manufacturing, industria automovilística, montaje, logística, PDCA.

Abstract

The philosophy of Lean Manufacturing can eliminate numerous wastes in companies, generating an economic benefit, by saving unnecessary costs and expenses or gaining effectiveness and production at all levels of the company. For this reason, it is vital that companies that want to integrate this model do so in a transversal manner, going through top management and operators, being the human factor the most important of all. The Renault Group, as an industrial vehicle manufacturing company internationally, has been integrating Lean for several years in all the locations where it works, however, there is still a long way to go. In this project, a Lean Manufacturing action is proposed and applied for a position in the assembly line of Motores 3 in the Valladolid factory, generating a gain in time, safety and area.

Keywords: Lean Manufacturing, automobile industry, assembly, logistics, PDCA.

ÍNDICE

1. Introducción.....	3
1.1 Motivación	3
1.2 Objetivos del proyecto.....	3
1.3 Alcance del proyecto	4
1.4 Estructura y formatos.....	5
2. Grupo Renault.....	9
2.1 Contexto	9
2.2 Alianza.....	9
2.3 Grupo Renault	13
2.4 Renault España	19
2.5 Renault Valladolid factoría de Motores	25
2.6 Motores 3.....	29
2.7 K9 Línea 2	31
3. Lean Manufacturing.....	35
3.1 Introducción al Lean Manufacturing.....	35
3.1.1 Concepto.....	35
3.1.2 Antecedentes - Historia	36
3.1.3 Estructura Lean.....	38
3.1.4 Despilfarro vs valor añadido	39
3.2 Técnicas Lean.....	41
3.2.1 5S.....	42
3.2.2 SMED: Cambio rápido de herramientas.....	43
3.2.3 Estandarización.....	44
3.2.4 TPM: Mantenimiento Productivo Total	45
3.2.5 Control visual.....	46
3.2.6 Jidoka.....	47

3.2.7 Técnicas de calidad	48
3.2.8 SPP: Sistemas de participación del personal	49
3.2.9 Heijunka.....	50
3.2.10 Kanban.....	51
3.3 Aplicación del sistema Lean.....	52
4. Análisis de la situación inicial.....	55
4.1 Contexto del puesto de montaje	55
4.2 Descripción del puesto	59
4.2.1 Proceso.....	59
4.2.2 Producción real	66
4.3 Diversidad	67
4.4 Distribución y flujos logísticos	69
4.4.1 Bielas y pistones	69
4.4.2 Acumulación de Stock a borde de línea.....	72
5. Análisis de la situación inicial.....	75
5.1 Departamentos implicados	75
5.1.1 Montaje.....	75
5.1.2 Logística.....	76
5.1.3 Lean	76
5.1.4 Mejora continua	76
5.1.5 Piloto	77
5.2 Propuestas analizadas.....	77
5.2.1 Eliminación BACs de cartón	77
5.2.2 Reajuste altura pallet	79
5.2.3 Transversalización de la línea 84	82
5.2.4 Intercomunicación: reloj - pulsador.....	86
5.3 Propuesta “Llamada operario logístico - montaje”	87
5.3.1 5.3.1 Step 0: Plan	87
5.3.2 Step 1: Do.....	89
5.3.3 Step 2: Check	93
5.3.4 Step 3: Act	94

6. Estudio económico.....	99
6.1 Introducción y participantes	99
6.2 Fases de desarrollo.....	100
6.3 Estudio económico.....	102
6.3.1 Costes de personal	102
6.3.2 Coste de material.....	104
6.4 Costes asignados a cada fase del proyecto	106
6.5 Cálculo del coste total.....	107
7. Conclusiones y Trabajos futuros.....	111
7.1 Conclusiones	111
7.2 Trabajos futuros	113
8. Bibliografía.....	117
8.1 Referencias web.....	117
8.2 Referencias bibliográficas	118

INTRODUCCIÓN

1. Introducción

1.1 Motivación

La idea de realizar un proyecto de carácter Lean Manufacturing surge tras la presentación y estudio del contenido de varias asignaturas del Máster de Logística Oficial en la Universidad de Valladolid.

La filosofía de Lean Manufacturing se reduce en hacer cualquier actividad de la mejor manera posible, de cara a la industria se consiguen resultados en mejora de calidad, seguridad, compañerismo, producción y se reducen los costes o gastos innecesarios.

Debido a que el autor del proyecto se encuentra trabajando como becario en la factoría de montaje del Grupo Renault en Valladolid, tras analizar o comprender la estructura y base de la filosofía Lean, aparecen diariamente varias oportunidades de mejora o de actuación en las diferentes zonas o líneas del lugar del trabajo. Finalmente se escoge una de esas oportunidades de mejora para aplicar la filosofía Lean un poco más a fondo.

1.2 Objetivos del proyecto

El objetivo de este Trabajo Final de Máster es comprobar la viabilidad de implantación de una acción Lean Manufacturing en un puesto de montaje de una cadena de producción del Grupo Renault.

Además, se definen varios objetivos específicos:

- Conocer el estado actual del Grupo Renault, desde el complejo internacional empresarial hasta una línea de montaje, ubicando así la localización de este proyecto.
- Estudiar la filosofía Lean Manufacturing, así como las herramientas a usar más importantes de esta.

- Analizar la situación inicial del puesto de trabajo, para saber las posibilidades reales de actuación.
- Diseñar una nueva situación mediante una aplicación Lean Manufacturing del puesto de montaje primeramente estudiado.
- Implementar y probar la acción Lean.
- Comprobar la efectividad y analizar datos y resultados de lo realizado.
- Conocer la distribución de costes en el estudio económico del proyecto.
- Presentar futuras líneas de trabajo a partir de las conclusiones.

1.3 Alcance del proyecto

El proyecto forma parte de la aplicación continua del Lean Manufacturing en las líneas de montaje, ya que uno de los principios de esta filosofía es la renovación y actualización de los distintos procesos de una empresa de producción.

Concretamente este trabajo está englobado en el ideal de cero stocks en el borde de línea. Para el puesto de montaje de la cadena de producción en el que se realizará una acción Lean, se debe tener en cuenta una serie de características limitan la elección de las distintas alternativas posibles:

- Tiempo: la acción Lean debe ser llevada a cabo en menos de 3 meses o 12 semanas, por lo que debe ser una acción factible en cuanto a la temporalidad se refiere.
- Dinero: cuantos menos recursos económicos se empleen en las acciones Lean, mejor para la evaluación del proyecto en sí, por este motivo se ha limitado el gasto en material comprado directamente a 2.000€ o menos.

Debido a estas limitaciones, se entenderá como resultado satisfactorio si se consigue eliminar entorno al 50% del stock en ese periodo de tiempo.

1.4 Estructura y formatos

Este documento se estructura en varios capítulos o apartados distintos:

- **Introducción:** es el capítulo actual, se presenta el contexto general del proyecto, su estructura y los formatos empleados en la redacción.
- **Grupo Renault:** se presenta el estado actual del Grupo Renault, conociendo las marcas asociadas a este grupo, así como la alianza actual empresarial con Nissan y Mitsubishi. Se avanza desde el carácter general hasta la localización específica de la realización del proyecto.
- **Lean Manufacturing:** desde el origen y con un breve carácter histórico, se explica la filosofía Lean Manufacturing y posteriormente se describen las herramientas más usadas para las distintas aplicaciones posibles de esta filosofía.
- **Análisis de la situación inicial:** se analiza el contexto del puesto de montaje, se describe el puesto en cuanto a proceso, producción y riesgos. Se expone la diversidad de las piezas que se montan, así como la distribución de los flujos logísticos.
- **Análisis de la situación propuesta:** se explican los departamentos implicados en el proyecto y se nombran las personas participantes del mismo. Se explican las distintas propuestas que salen a la luz para poder aplicar en el puesto de montaje y finalmente, se describe más a fondo la seleccionada.
- **Estudio económico:** se calculan los costes totales del proyecto, pudiendo alcanzar los diferentes datos mediante la separación entre costes directos e indirectos y entre las fases del proyecto.
- **Conclusiones y trabajos futuros:** se recogen las conclusiones principales del proyecto y de manera adicional, se comentan las posibles líneas de actuación en el futuro.
- **Bibliografía y referencias:** se listan las referencias de la documentación empleada, salvo aquella que no sea interna del Grupo Renault.
- **Anexos:** información complementaria al TFM (si es necesaria).

Unidades: las unidades que se encuentran en este documento siguen las normas establecidas por el Sistema Internacional. Salvo que se especifique para algún caso particular, se ha seguida esta norma en todo el documento.

Tablas: se enumeran con 2 números en esta disposición y formato:

Tabla 3.2 Texto [Referencia]

El primer número se corresponde con el capítulo en el que se encuentre y el segundo se corresponde con el orden de aparición de las demás tablas en ese apartado. Se sitúa centrado y encima de la tabla a la que haga referencia.

Figuras: se enumeran con 2 números en esta disposición y formato:

Figura 3.2 Texto [Referencia]

El primer número se corresponde con el capítulo en el que se encuentre y el segundo se corresponde con el orden de aparición de las demás tablas en ese apartado. Se coloca centrado debajo de la figura a la que haga referencia.

Bibliografía y referencias: se distinguen tres tipos de referencias posibles:

- Las extraídas directorios web: irán referenciadas en el texto como “[W-LETRA]”, la letra seguirá el orden del abecedario por orden de aparición en el texto.
- Las extraídas de documentos internos del Grupo Renault: irán referenciadas en el texto como “[Doc. Interna Renault]”, estas referencias no se listarán en el capítulo de Bibliografía y referencias.
- Las extraídas de documentos no internos del Grupo Renault: irán referenciadas en el texto como “[Autor, Fecha]”, y en el listado final irán ordenadas por orden alfabético.

GRUPO RENAULT

2. Grupo Renault

2.1 Contexto

Se pondrá en situación a lector de la importancia y la situación de la ubicación de la implementación en la empresa Grupo Renault desde un enfoque internacional hacia la localización exacta del mismo.

Se describirá siguiendo el enfoque piramidal invertido de la figura 2.1 incluyendo las cifras más relevantes para la compañía como para la comprensión del proyecto en cuestión.

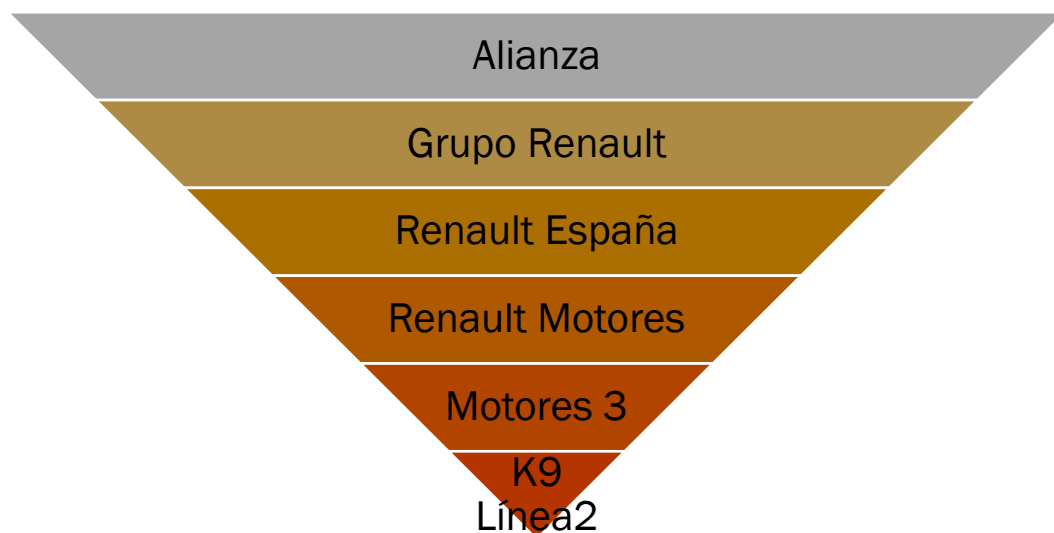


Figura 2. 1 Enfoque piramidal de contextualización del proyecto

2.2 Alianza

Renault se alió con Nissan a finales del siglo XX (1999), creando una de las alianzas más fuertes de la empresa del automóvil del mercado, al cabo de 17 años, en 2016, a esta alianza se unió el fabricante japonés Mitsubishi, al año siguiente se vendieron cerca de 10,7 millones de vehículos en todo el mundo, y al siguiente año la cifra aumentó a los 10,8, consolidándose como el grupo

empresarial con más vehículos vendidos del mundo, aunque su principal competidor, el Grupo VAG¹, se quedó a 0,14 millones de vehículos el años pasado. El acuerdo llegará al menos hasta 2022, el logo oficial de la Alianza se puede observar en la figura 2.2.



Figura 2. 2 Logo oficial Alianza R.N.M [W-A]

En cuanto a la extensión internacional de la alianza, en la figura 2.3 se puede observar la ubicación de los distintos puntos de localización de la alianza.



Figura 2. 3 Localización internacional de la Alianza RNM [W-A]

El modelo de estructura interempresarial de la alianza se especifica en la figura 2.4, en donde se puede observar que, a nivel accionarial, Renault posee el 43,4% del Grupo Nissan, mientras que Nissan posee el 15% del Grupo Renault y el 34% del grupo japonés Mitsubishi.

¹ Grupo VAG: formado por las empresas automovilísticas de Volkswagen, Audi, Seat y Skoda.

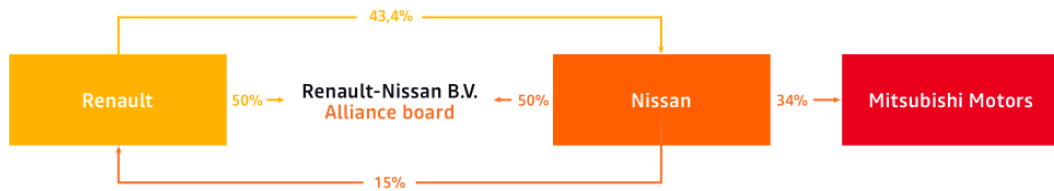


Figura 2. 4 Estructura empresarial de la Alianza RNM [W-A]

Su visión se resume en “movilidad para todos, construyendo coches limpios, accesibles y seguros para todo el mundo”, empleando los conceptos de electrificación, conectividad y conducción autónoma [W-A].

Los vehículos de emisiones cero son su objetivo, siendo el líder global de vehículos eléctricos, con más de 750.000 vehículos vendidos de estas características, el Nissan LEAD y el Renault ZOE, son a fechas de hoy los vehículos eléctricos principales de la Alianza [W-A].

Las principales marcas que muestra la Alianza se explican en la siguiente tabla:

Tabla 2. 1 Principales de la Alianza RNM [W-A]

	<p>Datsun: marca de automóviles importante dentro de Nissan Motor Company, comenzó en 1914, se vendieron 20 millones de estos vehículos hasta que fue eliminada en 1981. Volvió a la luz en el 2010. [W-B].</p>
	<p>Venucia: marca fundada por Nissan Motor Co y Dongfeng Motor Group en 2010, socios en China, país donde se vende esta marca [W-C].</p>
	<p>Infinity: nace con la idea de desafiar las marcas de lujo estadounidenses y europeas en 1987, es la gama alta de vehículos de Nissan, colaborando con Renault en la Fórmula 1 [W-D].</p>
	<p>Alpine: fundada en 1955 de origen francés por Jean Rédélé, pertenece al Grupo Renault. Se dedica a la fabricación de automóviles deportivos y de competición [W-E].</p>

	<p>Lada: marca rusa que pertenece al grupo AutoVaz (Rusia), la primera alianza Renault – Nissan compró parte del grupo en 2012 para entrometerse en el mercado ruso. [W-F]</p>
	<p>Samsung: fundada en 2000, es uno de los principales fabricantes de automóviles en Corea del Sur, pertenece al Grupo Renault. [W-G].</p>
	<p>Dacia: perteneciente al Grupo Renault, esta marca internacional, compite en el mercado de coches económicos y de calidad, más de 5 millones de ventas desde 2004 [W-H].</p>
	<p>Mitsubishi: se une a la alianza en 2016, caracterizado por ser especialistas en vehículos todoterrenos, más de 1 millón de ventas en 2018 [W-I].</p>
	<p>Nissan: fabricante japonés de automóviles desde 1933, con su grupo hicieron más de 5,5 millones de vehículos vendidos en todo el mundo en 2018, superando al grupo Renault [W-J].</p>
	<p>Renault: fabricante francés de automóviles de vehículos comerciales y de automóviles de carreras. Fundado en 1898 por los hermanos Renault. Con su grupo vendieron casi 4 millones de vehículos en 2018. [W-K].</p>

La Alianza posee unas cifras de récord en la industria automovilística, con 122 plantas de producción, casi 11 millones de vehículos vendidos al año, 1 de cada 9 coches que se compran ahora mismo es de su origen, con ideas de llegar al millón de vehículos eléctricos vendidos a corto plazo y con cerca de 500.000 empleados en todo el mundo.

2.3 Grupo Renault

El Grupo Renault está formado por cinco marcas que se mencionan a continuación con una breve explicación para no repetir el contenido de la tabla 2.1:

- Lada: nacida en 1966 bajo el grupo AutoVaz en Rusia como la primera productora de vehículos del país, lleva siendo uno de los líderes del mercado ruso desde hace más de 50 años, se convirtió en una marca de Groupe Renault en enero de 2017, actualizando la información anteriormente comentada. Posee la red de concesionarios más grande de Rusia y no se limita a su mercado nacional también exporta sus vehículos hasta en 30 países distintos. Su gama de mercado se basa en automóviles asequibles y sencillos, sin embargo, está entrando en una nueva fase de renovación de su gama y ampliando o modificando su red. Los clientes confían en esta marca al tener una gran relación calidad-precio y un diseño energético que transmita confianza en cualquier situación. Su gran modelo ha sido y es el Lada 4x4, que desde 1977 se han producido 2,5 millones de unidades, de las que más del 20% fueron exportadas, podemos verlo en la figura 2.5. En total, ofrece 22 modelos diferentes y dispone de un servicio de ventas con 300 establecimientos [W-K].



Figura 2. 5 Modelo Lada 4x4 [W-K]

- Samsung: esta marca fue fundada al comienzo de siglo en el año 2000, es uno de los cinco grandes fabricantes de automóviles de Corea del Sur. Lo que más destaca de Samsung es sin duda alguna: la calidad de servicio ha sido elegida como el número uno en cuanto a la satisfacción de los clientes tanto en ventas como en su servicio postventa y por la calidad del vehículo (por 15º año seguido). Pretenden que cada conductor pueda encontrar un vehículo adaptado a sus necesidades concretas. Ofrecen 7 modelos distintos de la gama Renault Samsung Motors, todos ellos poseen equipos multifuncionales y ultramodernos que se especifican para el cliente que busca tecnología de vanguardia, no habiendo dos coches iguales. Uno de estos 7 modelos, el SM6 fue elegido como el 'Coche del año 2017', puede verse en la figura 2.6. Samsung apuesta por el vehículo eléctrico y en 2017 se presentó en el mercado con el SM3 Z.E. con una autonomía de 213 km. Samsung presenta unas cifras de casi 100.00 vehículos vendidos en el 2018 y de 220 puntos de venta en Corea del Sur W-K].



Figura 2. 6 Modelo Samsung SM6 [W-K]

- Alpine: su principio es el de ofrecer automóviles ágiles y de alto rendimiento para poder disfrutar de una experiencia de conducción única y dinámica, pretendiendo ser el equilibrio perfecto entre detalle, lógica y pasión, consiguiendo vehículos de prestigio y atemporales. Es obligatorio hablar del mundo de las carreras cuando se habla de Alpine, este tipo de vehículos fue concebido para dejar una marca imborrable en todos los campeonatos de automovilismo del mundo, habiendo ganado el Campeonato Mundial de Rally en 1973 y las 24 Horas de Le

Mans en 1978, así como el doble campeón de las carreras de resistencia de LMP2 con las 24 Horas de Le Mans y el Campeonato Mundial de Resistencia en 2016. El modelo icónico de la marca es la 'Berlinette', que se ve reflejado en el nuevo A110 Premiere Edition con más de 250 CV, es fabricado en Dieppe (Francia). Se puede ver esta comparativa de vehículos en la figura 2.7 [W-K].



Figura 2. 7 Alpine Berlinette vs Alpine A110 Premiere Edition [W-K]

- Dacia: la filosofía de Dacia es ofrecer una gama de automóviles basados en la atracción de la simplicidad, con calidad y al mejor precio. En la actualidad, los modelos icónicos de esta marca son el Duster y el Sandero. Dacia presenta una garantía de 3 años o de hasta 100.000 km con un gran servicio de talleres debido a que se ve apoyada por la red de Renault con horarios accesibles y un buen servicio postventa para los clientes. Se vende en 44 países y, en España, solo el Dacia Sandero se vendió en más de 30.000 unidades en el 2018, siendo uno de los vehículos más vendidos en España para ese año, se puede ver este coche en la figura 2.8 [W-K].



Figura 2. 8 Dacia Sandero [W-K]

- Renault: es la principal marca del grupo, se vende en más de 12.000 concesionarios y está disponible en 134 países, es decir, se puede ver un Renault en cerca del 70% de los países del mundo. Se erige como la marca francesa líder a nivel internacional. Proponen unos nuevos modelos centrados en la versatilidad, un concepto innovador, con características intuitivas y teniendo como base la conectividad con las nuevas tecnologías. Se encuentra en plena fase de proyección hacia el coche eléctrico con varias cantidades vendidas de vehículos 100% eléctricos como el Renault Z.O.E. y el Renault Twizy. Al margen de los clientes de a pie de calle, Renault siempre ha tenido un hueco en el deporte del motor, siendo un ente clave en distintos tipos de carrera, incluyendo la Fórmula 1, habiendo ganado esta competición en más de una ocasión, esta situación única para un fabricante de automóviles generalista. Renault aprovecha sus conocimientos en alta velocidad para aplicarlo en algunos de sus vehículos generales con la denominación R.S, se puede ver aplicada en el Renault Megane RS de la figura 2.9. Entre todos sus modelos, se vendieron a nivel internacional en el año 2018 más de 2,5 millones de automóviles [W-K].



Figura 2. 9 Renault Mégane RS [W-K]

En conjunto, el Grupo Renault vendió alrededor de 3,9 millones de vehículos en 2018, con casi 57,5 millones de ingresos y con una plantilla de trabajadores de 183.002 empleados en 37 países. Las plantas industriales del Grupo Renault se dividen por zonas y se pueden ver representadas en el mapa de la figura 2.10 [W-K].



Figura 2. 10 Zonas industriales del Grupo Renault [W-K]

Las 6 plantas de América son:

- Cordoba Plant (Renault) en Argentina.
- Curitiba Plant (Renault) en Brasil.
- Envigado Plant (SOFASA) en Colombia.
- Los Andes Plant (Cormecanica) en Chile.
- Open Innovation Lab Silicon Valley en California.
- São Paulo en Brasil.

Las 5 plantas de Este India y Medio África son:

- Casablanca Plant (SOMACA) en Marruecos.
- Chennai (Renault-Nissan) en India.
- Open innovation Lab Tel Aviv en Israel.
- Oran Plant (Renault Algeria Production) en Algeria.
- Tangier Plant (Renault-Nissan) en Marruecos.

Las dos de Asia-Pacífico:

- Busan Plant (RSM) en Corea del Sur.
- Wuhan Plant (DRAC) en China.

Las 5 de Eurasia:

- Bursa Plant (OYAK RENAULT) en Turquía.
- Izhevsk Plant (AvtoVAZ) en Rusia.
- Mioveni Plant (Dacia) en Rumanía.
- Moscow Plant (Renault) en Rusia.
- Togliatti Plant (AvtoVAZ) en Rusia.

Las 21 de Europa son:

- Batilly Plant (SOVAB) en Francia.
- Cacia Plant en Portugal.
- Caudan (Foundry of Brittany) en Francia.
- Choisy-le-Roi Plant en Francia.
- Cléon Plant en Francia.
- Dieppe Plant (Alpine) en Francia.
- Douai Plant en Francia.
- Flins Plant en Francia.
- Guyancourt, Renault Design en Francia.
- Le Mans Plant en Francia.
- Maubeuge Plant (MCA) en Francia.
- Novo Mesto Plant (REVOZ) en Eslovenia.
- Open Innovation Lab Paris en Francia.
- Palencia Plant en España.
- Ruitz Plant (STA) en Francia.
- Sandouville Plant (Renault) en Francia.
- Sevilla Plant en España.
- Technocentre en Francia.
- Valladolid bodywork-assembly Plant en España.
- Valladolid motores Plant en España.
- Villeurbanne Plant (ACI) en Francia.

2.4 Renault España

Vista la gran dimensión del Grupo Renault, ahora se explicará la presencia de dicho grupo en España que a nivel de localizaciones industriales se resume en dos factorías en Valladolid, una en Palencia y otra en Sevilla y con su sede social en Madrid, se puede ver la distribución geográfica en la figura 2.11.



Figura 2. 11 Distribución geográfica Renault España [Elaboración propia]

Los datos siguientes sobre las distintas sedes y factorías se han obtenido de referencia web [W-L], página oficial de Renault España.

Renault España Comercial S.A. la filial española del Grupo Renault tiene su sede comercial en Madrid, concretamente en el Parque Empresarial Avenida de Europa, en Alcobendas, Madrid. Con 12.600 m² y con algo más de 500 empleados para esta ubicación.

Factoría de Carrocería Montaje de Palencia: con casi 2.400 empleados a finales del 2018 y una línea de producción, la fábrica de Palencia fue inaugurada en 1978 y posee una superficie construida de 323.081 m². Ahora mismo está produciendo la gama Mégane y la gama Kadjar que se puede ver en la figura 2.12, exporta el 85% de todo lo que fabrica. Los últimos datos de

fabricación, con una tendencia ligeramente negativa en los tres modelos fabricados (2 gamas de Megane y 1 de Kadjar), se pueden ver en la tabla 2.2.

Tabla 2. 2 Producción factoría Palencia [W-L]

Producción (unidades)	2016	2017	2018
Mégane IV	124.254	98.780	85.161
Kadjar	140.795	126 041	114.632
Mégane IV Estate	39.519	68.552	57.243

Posee más de las innovaciones necesarias en todas sus áreas para asegurar la calidad del producto final y su competitividad en el mercado, como pueden ser la soldadura láser o la isla automatizada de lunas. Para el apartado medioambiental tiene un microrreactor de membrana para una depuración del agua excelente.

Para las certificaciones externas, esta factoría dispone de:

- Calidad: ISO 9001 desde 1.994.
- Medio Ambiente: ISO 14001 desde 1.999.
- Sistema de Prevención de Riesgos Laborales Empresa altamente protegida, desde 1.996.



Figura 2. 12 Gama Mégane y Kadjar de Palencia [W-L]

Factoría de cajas de velocidades Sevilla: con poco más de 1.100 empleados a finales de 2018 y 86 líneas de fabricación, esta factoría se emplea para fabricar cajas de velocidades desde 1996, posee una superficie de 211.842 m². La fabricación de cajas de velocidades (figura 2.13) implica poseer instalaciones y medios de producción que formen una sinergia entre la elevada precisión requerida y la producción en serie. La factoría tiene líneas totalmente automatizadas, incluyendo altas tecnologías como la soldadura láser por control ultrasonido, control por visión artificial y bancos de prueba de última generación.

Los últimos datos de producción se pueden ver en la tabla 2.3, la cifra del último año de producción (2018) es más elevada que la de hace dos años (2016), pero inferior a la de su año anterior (2017).

Tabla 2. 3 Producción cajas de velocidades Sevilla [W-L]

Producción (unidades)	2016	2017	2018
Cajas de velocidades	1.074.534	1.194.742	1.093.276

Exporta el 88% de las cajas de velocidad a 30 fábricas clientes en 4 continentes distintos, con la certificación en ISO 14001, sus distintos productos son las cajas JH, JE3, JS3, TL4 y TL6.

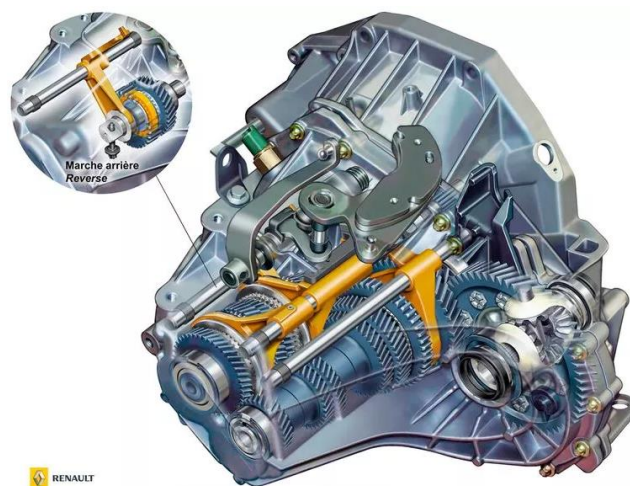


Figura 2. 13 Caja de velocidades, diseño de la factoría de Sevilla [W-L]

Factoría de Carrocería Montaje de Valladolid: con 2 líneas de producción y más de 6.300 empleado a finales de 2018, esta fábrica de Valladolid es la heredera de la primera fábrica fundada en España por el Groupe Renault, cuando se inauguraron la unidad de Carrocería en 1964 y la de Montaje en 1972, estas dos se fusionaron en 1995. En el año 2011 se creó el taller apto para el vehículo eléctrico (Twizy). Sus últimos datos de producción se ven en la tabla 2.4, con tendencia positiva para el Twizy.

Tabla 2. 4 Producción factoría Carrocería Montaje de Valladolid [W-L]

Producción (unidades)	2016	2017	2018
Twizy	2.855	3.367	5.304
Captur	242.915	249.031	229.741

En esta fábrica de Valladolid se fabrica la gama Captur, figura 2.14, para su correcta producción esta factoría cuenta con unas instalaciones modernas, flexibles, robotizadas y con tecnología puntera en cuanto al sector de la automoción se refiere, asegurando la calidad máxima del producto y una elevada competitividad.

Esta planta es la proveedora de piezas y componentes para 17 fábricas distintas de la Alianza Renault – Nissan, además de las piezas de Twizy y Captur, suministra 800 referencias de chapa para 19 vehículos de Renault y Nissan y piezas para los almacenes de recambio.

Posee las certificaciones en:

- Calidad ISO 9001.
- Medio Ambiente ISO 14001. Consulta la política de medio ambiente*.
- Riesgos Altamente Protegidos
- Prevención de Riesgos Laborales: Crossber Audit.
- Salud y condiciones de trabajo: Label SMR



Figura 2. 14 Gama Captur factoría de Carrocería Montaje Valladolid [W-L]

Factoría de Motores de Valladolid: con 2.350 empleados a finales del 2017, 22 líneas de mecanizado y 3 de montaje. Nace en 1965, cuenta con tres talleres de motores y una Planta de Inyección de Aluminio. En Motores 1 y 2 se mecanizan las piezas y en Motores 3 se desarrolla el montaje de los diferentes elementos que forman los motores.

La correcta fabricación de los motores (figura 2.15) requiere de instalaciones con medios muy especializados mezclando precisión y una elevada capacidad productiva para realizar operaciones complejas a una elevada velocidad. Su objetivo es evidente: fabricar motores que reduzcan de manera drástica el consumo de CO₂ y el coste de utilización. El rendimiento mecánico de estos motores tiene como base la tecnología adquirida en las competiciones de Fórmula 1 que se aplica a estos motores de serie. Los últimos datos de producción se ven en la tabla 2.5.

Tabla 2. 5 Producción factoría Motores Valladolid [W-L]

Producción (en unidades)	2016	2017	2018
motores	1.558.319	1.580.866	1.438.202

Esta factoría suministra a 20 fábricas en 4 continentes, y equipan las marcas de Renault, Nissan, Dacia, Samsung y Daimler (Mercedes). Los motores producidos son:

- Motor diésel 1.5 dCi (65/75/85/90/105/110 CV), Energy dCi 1.5 (75/90/110 CV) y Blue dCi 1.5 (95/115 CV).
- Motor gasolina Energy TCe (90/115/120/130/140/150/160 CV).

Las piezas mecanizadas en la factoría que forman la base del motor son: la culata, el cárter cilindros, el árbol de levas, la biela, el cigüeñal y el volante.

Posee la Certificación ISO 14001.



Figura 2. 15 Motor de Factoría de Motores de Valladolid [W-L]

En cómputo global, los datos para Renault España con respecto al total del Grupo Renault a nivel internacional para el año 2018 se pueden ver en la figura 2.16.



Figura 2. 16 Datos de producción 2018 Renault España [W-L]

2.5 Renault Valladolid factoría de Motores

Con dirección Renault Valladolid Motores, Avenida Madrid N° 19, 47008 Valladolid, España, la factoría de Motores junto con la de montaje se pueden ver en la figura 2.17 con vista satélite.



Figura 2. 17 Vista satélite factoría Motores [W-M]

Como ya se ha mencionado anteriormente, la factoría de Motores, situada en la zona norte e indicada con un recuadro azul, está formada por Motores 1, Motores 2, Motores 3 y la planta de Inyección, se pueden ver la localización exacta de las diferentes naves en la figura 2.18. Se adjunta un plano específico para esta factoría de nombre PlanoConjuntoMotores.pdf.

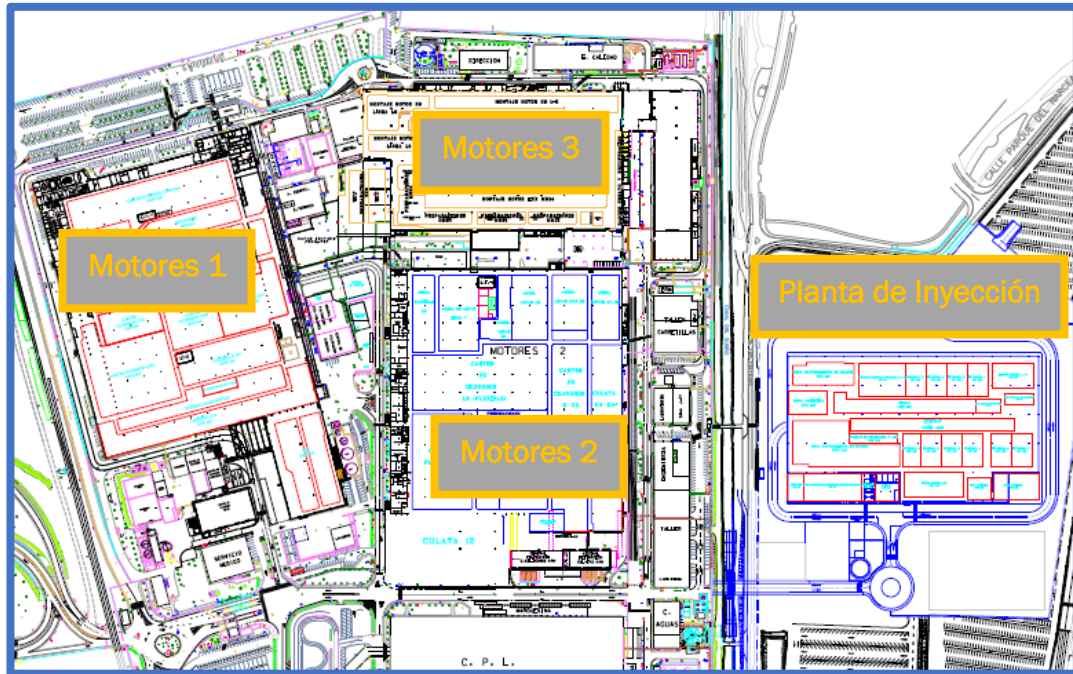


Figura 2. 18 Plano factoría Motores Valladolid [Doc. Interna Renault]

En Motores 1, figura 2.19, se mecaniza en 12 zonas distintas, con productos distintos:

- Cártter de cilindros (5)
- Tapa cárter (1)
- Biela (1)
- Cigüeñal (4)
- Volante (1)

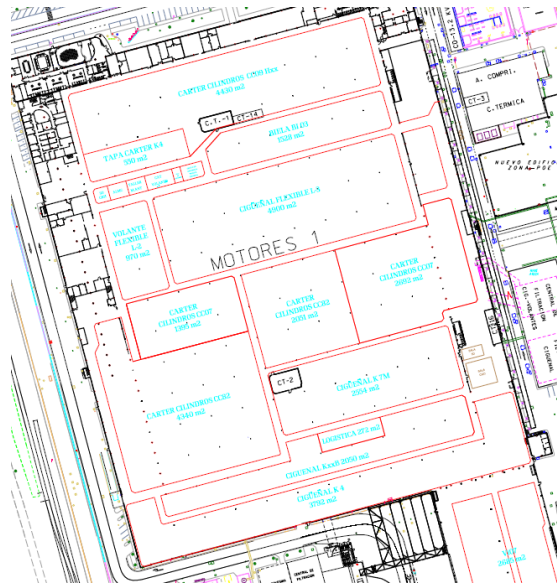


Figura 2. 19 Plano Motores 1 Valladolid [Doc. Interna Renault]

En Motores 2, figura 2.20, se mecanizan en 13 zonas distintas, distintos productos:

- Biela (1)
- Árbol de levas (5)
- Cártter de cilindros (2)
- Culata (4)
- Tapa (1)

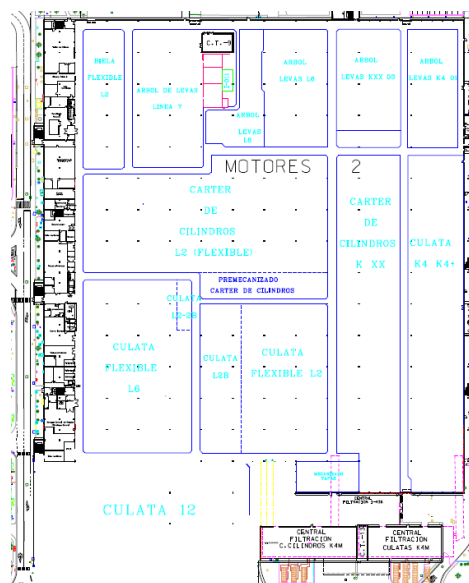


Figura 2. 20 Plano Motores 2 Valladolid [Doc. Interna Renault]

Para la planta de Inyección se cuenta con hasta 12 Inyectoras, su esquema se puede ver en la figura 2.21.

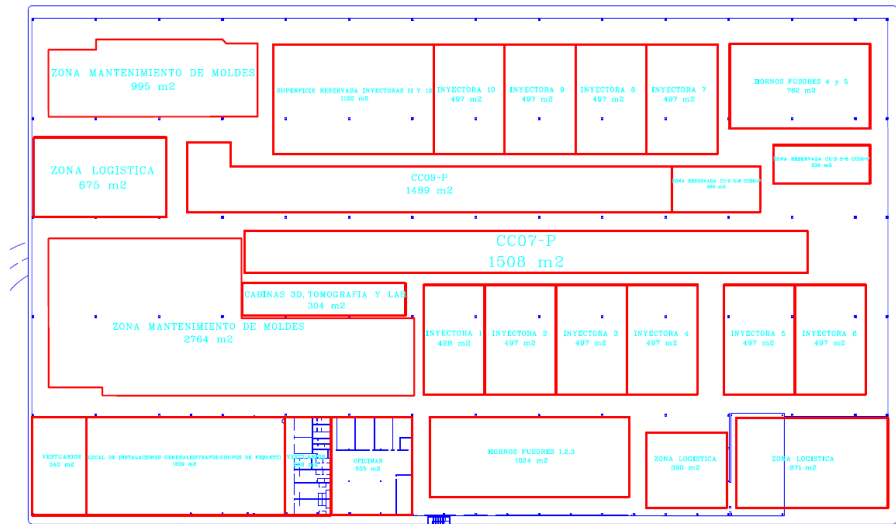


Figura 2. 21 Plano Planta de Inyección Valladolid [Doc. Interna Renault]

Para Motores 3, figura 2.22, se tienen representados en el extracto del plano 4 líneas de fabricación, sin embargo, una de ellas paró la producción a mediados del mes de abril de 2019, por lo que hay en activo 3 líneas.

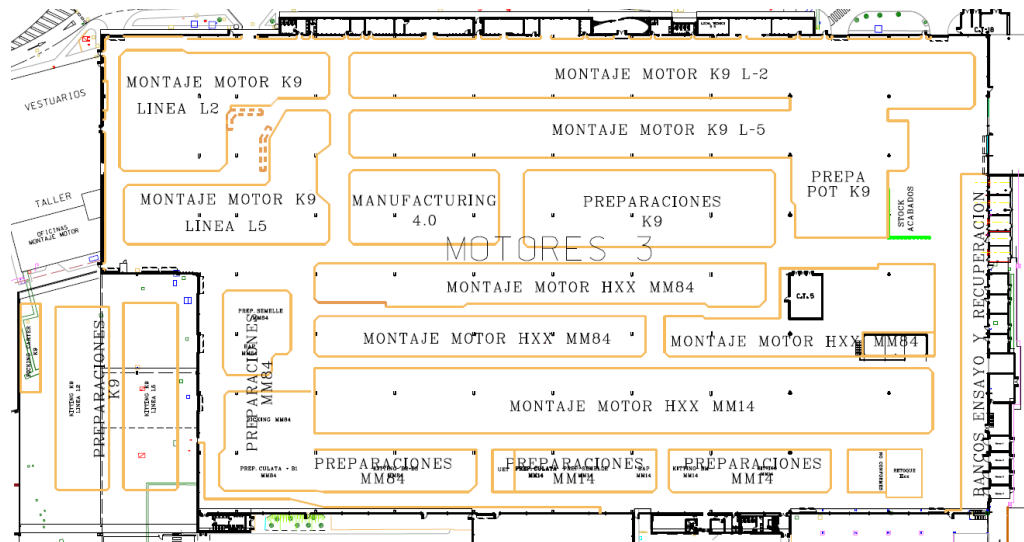


Figura 2. 22 Plano Motores 3 Valladolid [Doc. Interna Renault]

2.6 Motores 3

Para el departamento de Motores 3, se cuenta con un área de 300.000 m² y más de 1.700 trabajadores, incluyendo a aquellos de empresas subcontratadas, que sirven para producir alrededor de 7.000 motores diarios y casi 300.000 motores al año natural.

En Motores 3 se tienen 2 líneas para producir motores de gasolina, llamadas:

- Montaje Motor HXX MM14, produciendo poco menos de 400 motores por turno de 8 horas.
- Montaje Motor HXX MM84, produciendo algo más de 700 motores por turno de 8 horas.

Estas dos líneas tienen su zona de Preparaciones o Kitting – Picking situadas en la zona sur de la nave, es en esta zona donde se preparan los kits o cestas con las diferentes piezas que forman el conjunto del motor y que se montan en él por zonas.

Por otro lado, en la zona norte de la nave de Motores 3, se encuentran las líneas de fabricación de motores diésel, llamadas:

- Montaje Motor K9 Línea 2, con una producción por turno de 8 horas de más de 931 motores.
- Montaje Motor K9 Línea 5, siendo esta la que recientemente paró la producción, aunque sin embargo las instalaciones y máquinas siguen presentes.

La zona de Kitting – Picking de K9 se encuentra en la zona suroeste de Motores 3, en una nave adjunta recientemente construida.

Todas las líneas comparten la zona de Bancos de Ensayo y Recuperación, es aquí donde se envían los motores que han sufrido algún percance durante su montaje, para su retoque, prueba y puesta a punto. También se ruedan motores de manera aleatoria, para someterlos a condiciones reales de circulación, y cerciorarse así de una correcta calidad de estos.

Las piezas que van en los kits y que aguardan ser montadas en el motor se suministran a la línea mediante carros o mediante AGVs. Para llevar al carro al destino se emplean carros de transporte eléctricos con un operador logístico que los conduce, los AGVs (figura 2.23) tienen un circuito programado de carga y descarga de kits y se mueven con baterías eléctricas siguiendo un filoguiado que se encuentra en el suelo de la nave, los AGVs cuentan con sistemas de detección para que en caso de cruzarse con peatones u otro elemento que les impida su flujo se paren, y así poder evitar colisiones.



Figura 2. 23 AGV en funcionamiento [Foto interior Renault]

El plano detallado de Motores 3 se adjunta con nombre Motores3.pdf, en la figura 2.24 se puede observar la distribución de las distintas líneas y zonas mencionadas.

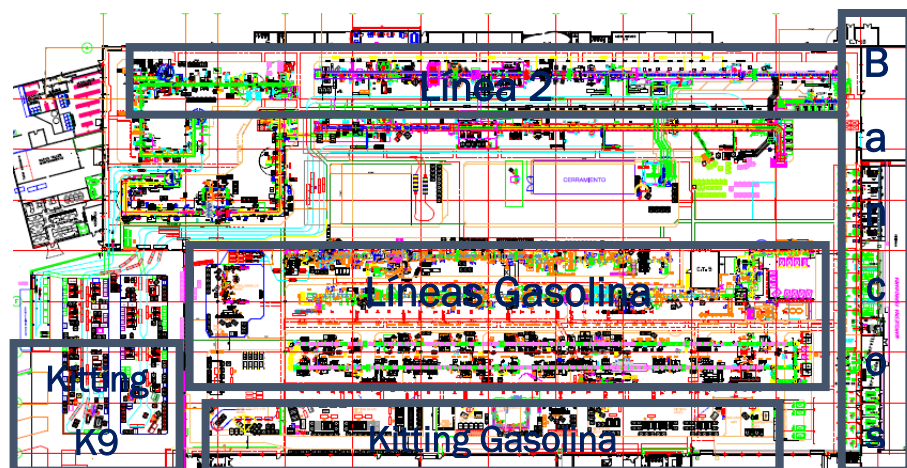


Figura 2. 24 Recorte plano Motores 3 Valladolid [Doc. Interna Renault]

2.7 K9 Línea 2

El proyecto se realiza en la Línea 2 K9, esta posee una superficie de 3.450 m² y cerca de 250 empleados entre los tres turnos de producción que posee para la fabricación de los motores diésel del Grupo Renault, donde se verá aplicado el proyecto en sí del Trabajo Final de Máster, la Línea 2 está dividida en 3 zonas principales:

- BMM: Bajo motor, con 450 m².
- V1: Vestido 1, con 1.750 m².
- V2: Vestido 2, con 1.250 m².

En **BMM** se monta la parte de abajo del motor, se sitúa en la zona noroeste de la nave y hasta esta zona solo llega de manera automatizada, empleando AGVs el cárter de aceite, los demás elementos o piezas se llevan en carros hasta su puesto de montaje. Dependiendo del modelo del motor, necesita de hasta 13 operarios para realizar todas las tareas de fabricación.

En **V1** se montan la mayoría de las piezas internas del motor, es la zona de más extensión, se encuentra entre medias de BMM y V2, para que le llegue la parte de abajo del motor se emplea un ascensor que une BMM con V1. Hasta aquí llegan dos bucles de cestas o kits por medio de AGVs, las culatas del motor llegan en carros por medio de un operador logístico y los demás elementos que no van en kits se entregan de manera frecuencial. Como mucho necesita de 22 operarios para cumplir con todas las operaciones.

En **V2** se montan la mayoría de los elementos que cubren la parte externa del motor, es la zona que necesita de más operarios, llegando como mucho hasta las 29 personas trabajando. Se encuentra en la zona noreste de la nave y su flujo de montaje va unido al de V1, hasta aquí llega un único bucle de cestas mediante el AGV, sin embargo, V2 cuenta con otra zona de manutención del elemento POT, que se monta en la zona central de la nave de motores 3, para que llegue este elemento a la zona de montaje directa en el motor se emplean circuitos aéreos de suministro de piezas.

En la figura 2.25 se puede ver las zonas de la línea 2.

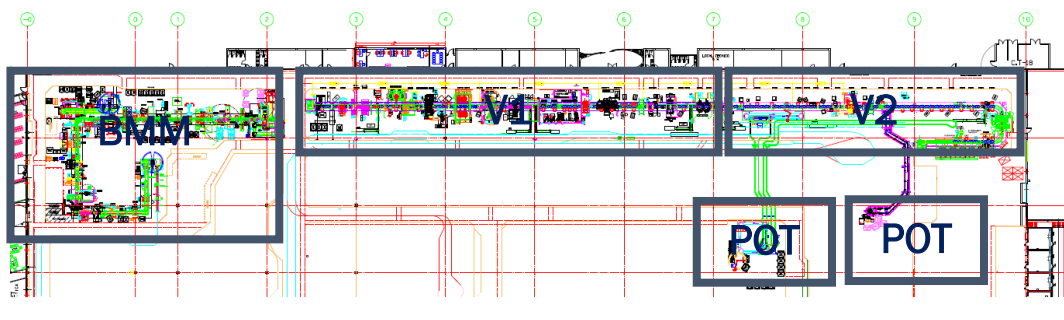


Figura 2. 25 Distribución de la Línea 2 y sus zonas [Doc. Interna Renault]

LEAN MANUFACTURING

3. Lean Manufacturing

3.1 Introducción al Lean Manufacturing

3.1.1 Concepto

El concepto “Lean Manufacturing” es un anglicismo que se traduce de manera literal en “fabricación magra”, por lo que, de manera superficial, se podría suponer que el Lean Manufacturing es un tipo de fabricación “sin grasa”, que busca trabajar con aquello que aporta de verdad y no con los posibles desechos.

De manera más precisa y técnica el Lean Manufacturing es una forma concreta de trabajar en la fabricación, como una filosofía, que se basa en las personas definiendo la manera de mejorar y optimizando los sistemas de producción. Esta optimización se enfoca principalmente en la identificación y posterior eliminación de los desperdicios que se encuentren durante la producción [Hernández y Vizán, 2013].

Los desperdicios se definen como aquellas actividades o procesos que emplean más recursos de los estrictamente necesarios, no da valor al producto que adquiere el cliente. Aunque con contenido común, los autores varían a la hora de nombrarlos, empleando una regla mnemotécnica [Hoyuelos, 2019], quedan resumidos en la palabra “*Resíntomas*”:

- Resistencia al cambio.
- Sobreproducción.
- Inventarios.
- No uso del talento.
- Transportes innecesarios.
- Operaciones sin calidad.
- Movimientos superfluos.
- Aguardar – esperas.
- Sobreproceso o reproceso.

Aplicar esta filosofía en los sistemas de fabricación ha conseguido, consigue y conseguirá beneficios en compras, costes de producción, área empleada, inventarios, costes de calidad y lead time. El objetivo final del Lean es el de generar e implantar una cultura de producción basada en el trabajo en equipo y la buena comunicación que permita realizar las tareas de manera más flexible, ágil y económicamente. Resulta imprescindible adaptar el método para cada caso concreto. No existe técnica inflexible, absolutamente todo debe revisarse y reevaluarse para conseguir mejorar una y otra vez.

3.1.2 Antecedentes – Historia

Las técnicas de producción se hacen metódicas y se formalizan a principios del siglo XX, como referentes están F.W. Taylor y Henry Ford, el primero, gracias a la aplicación del método científico a los procesos, tiempos, equipos, personas y movimientos, estableció la base de la organización de la producción. Henry Ford creó para el mundo del automóvil sus primeras cadenas de producción, haciendo un empleo arduo de la estandarización de los productos, la simplificación y secuenciación de las tareas y recorridos, la sincronización entre actividades, el empleo de maquinaria para procesos elementales y la formación especializada en el trabajo. Tanto como Taylor como Ford están ubicados en un contexto general en el que lo que se busca y se premia es la producción rígida (sin diversidad) y en grandes cantidades [Hernández y Vizán, 2013].

En contrapunto a los métodos “taylorianos” en Japón 1902, Sakichi Toyoda (posteriormente fundador junto a su hijo de la Corporación Toyota Motor Company), creó un mecanismo capaz de detener el telar cuando el hilo se rompía e indicaba al operario que la máquina demandaba atención mediante una señalización visual. Gracias a esto, un único operador era capaz de controlar varias máquinas a la vez. Con la Corporación Toyota Motor Company ya fundada y, tras la segunda guerra mundial, los japoneses y sus empresas, se involucraron en sobrevivir y desarrollarse sin necesitar grandes cantidades económicas, evaluaron los métodos de fabricación de los estadounidenses, con interés en Ford, el control estadístico de W. Shewart y las técnicas de

calidad de Edwards Deming, Joshep Moses Juran y Karou Ishikawa (japonés) [Hernández y Vizán, 2013].

A mediados de siglo, tras un colapso de las ventas y tras despedir a gran parte de su mano de obra, dos ingenieros de la compañía: Eiji Tojoda (el sobrino de Sakichi) y Taiicho Ohno (precursor del Lean Manufacturing), observaron las compañías automovilísticas americanas y concluyeron que era un sistema rígido, que no era funcional en el entorno japonés y que el futuro iba a demandar más variedad de modelos, a un coste menor y de menor tamaño. Esto solo tendría viabilidad si se suprimían los stocks y los despilfarros [Hernández y Vizán, 2013].

Se empezó con las técnicas en Japón del JIT (“*Just in time*” o Justo a tiempo, JAT), sin embargo, es en los noventa, con la publicación del libro de “La máquina que cambió el mundo” de Womack, Jones y Roos, cuando el Lean Manufacturing entra en el mundo de la producción en masa al comparar las distintas fábricas automovilísticas del mundo. A las técnicas JIT, hay que sumar el sistema de Organización del Trabajo Japonés (OTJ o JWO, “*Japanese Work Organization*”), el Jidoka, que consiste en dotar a las máquinas la habilidad de parar la operación si esta detecta que no es capaz de producir un producto sin fallos, y unos principios de conexión piramidal. En la tabla 3.1, se pueden ver los principios esenciales resumidos del Lean [Hernández y Vizán, 2013].

Tabla 3. 1 Tabla de principios Lean [Hernández y Vizán, 2013]

Principios de productividad, costes, tiempo y diversidad	Principios de trabajadores	Principios adheridos
Reducción producto en curso	Trabajadores multidisciplinares	Jidoka
Flujo continuo	Calidad puesto	Calidad Total
Reducción tiempos de entrega	Mantenimiento del puesto	Mejora continua
Reducción tiempos de fabricación	Mejoras del puesto de trabajo	Compromiso dirección y empleados
JIT	JWO	LEAN

3.1.3 Estructura Lean

Para entender la forma en la que los sistemas Lean Manufacturing se deben basar en una empresa de producción se tiene la figura 3.1, una representación de la “Casa Toyota”, esta estructura es esquema - resumen de lo que debe tener el Lean y en orden de importancia constructiva, hay que tener claro que es una generalización y que cada caso debe tratarse de manera singular para que el Lean Manufacturing tenga todo el efecto positivo que se espera [Hernández y Vizán, 2013].

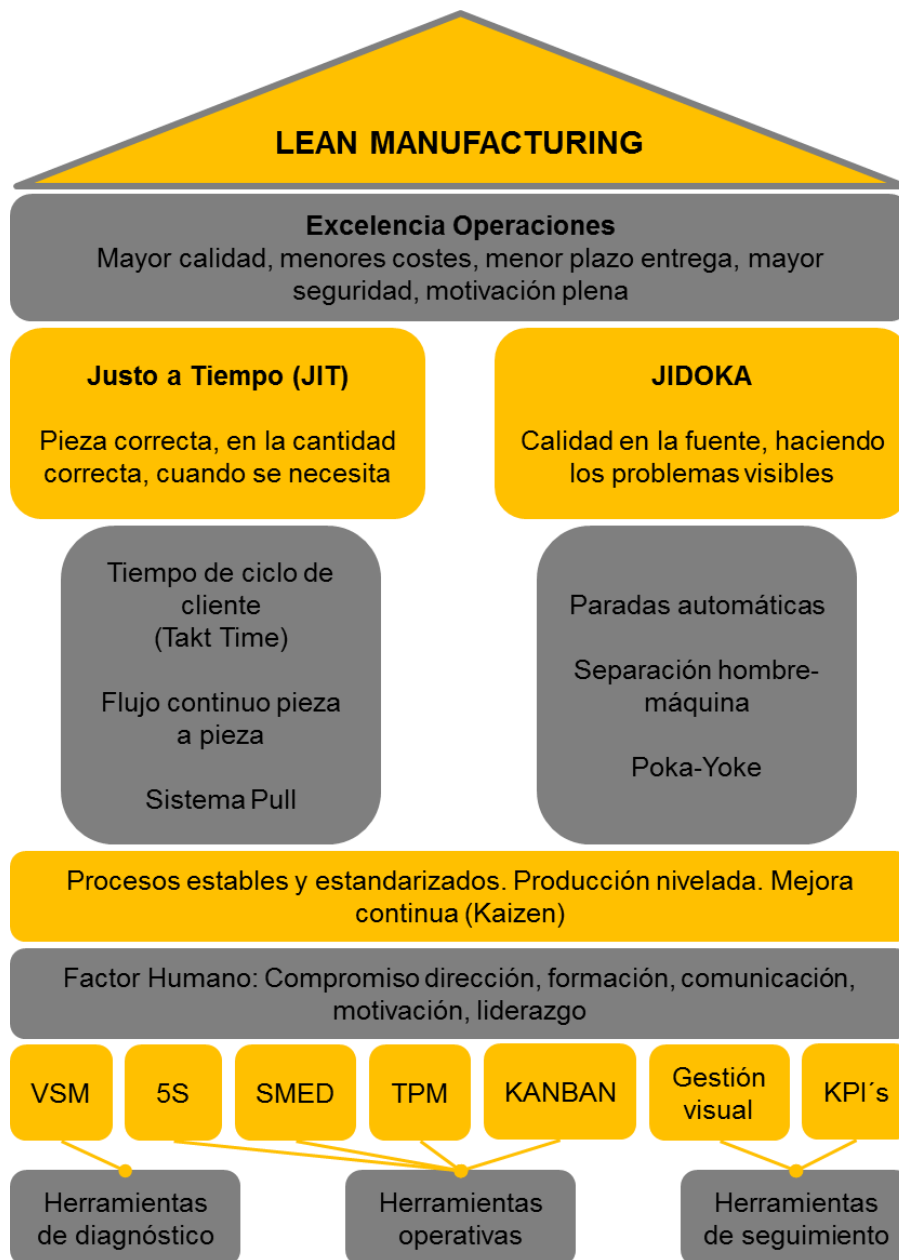


Figura 3. 1 Casa Toyota, elaboración propia [Hernández y Vizán, 2013]

Lo que se quiere con la implantación de este sistema es: la reducción de costes, la mejora de la calidad, de la seguridad y de la motivación. Esto sería el tejado de la casa, este techo y estos objetivos se posan sobre las columnas de JIT (tack time, sistema pull, Flujo continuo a pieza) y Jidoka (paradas automáticas, poka - yoke, hombre - máquina). La base con la que construir son la estandarización y estabilización de procesos, siempre con el factor humano de fondo y a través de las herramientas y técnicas que ofrece el sistema Lean [Hernández y Vizán, 2013].

3.1.4 Despilfarro vs valor añadido

El Lean entiende por despilfarro como todo aquello que no produzca valor al producto, entendiendo por valor del producto como lo que el cliente está dispuesto a pagar por él. Si todas las acciones que se llevan a cabo para la fabricación de un determinado producto dieran valor añadido al mismo, se encontraría el sistema de producción en un ideal. Se pretende, por lo tanto, eliminar los desperdicios, siguiendo este ciclo en el proceso:

- Reconocimiento de despilfarro y valor añadido
- Aplicación de una técnica lean para eliminar despilfarros.
- Estandarizar el trabajo con más peso de valor añadido.
- Repetir el ciclo.

Para cada caso, hay una serie de actividades que no añaden valor al producto, pero son necesarias para el proceso y hay que asumir los despilfarros. La explicación de los despilfarros nombrados con la palabra “*Resíntomas*” se expone a continuación [Hernández y Vizán, 2013].

Resistencia al cambio y no uso del talento: es debido a una mala gestión de la dirección y de los mandos intermedios hacia los demás trabajadores de la empresa. Se puede corregir asumiendo una conciencia grupal, en la que prima la unión del grupo, dando valor a lo que hace cada uno y promoviendo el compañerismo.

Sobreproducción: se produce debido a un exceso de stock, a tener instalaciones sobredimensionadas y a trabajar sobre la previsión y no sobre la demanda (push frente a pull). Algunas acciones Lean para corregir la sobreproducción son: implantación de sistema pull, reducir los SMED (luego se explicará) o nivelar la producción.

Inventarios y exceso de almacenamiento: surge de tener una previsión de ventas elevada, de no tener proceso de fabricación aptos para fabricar pieza a pieza ni de trabajar justo a tiempo con el proveedor de las piezas. Posibles acciones Lean para solucionarlo son: nivelación de la producción, trabajar JIT con proveedores y controlar actividades intermedias.

Transportes innecesarios y movimientos superfluos: surgen por lotes de fabricación demasiado grandes, actividades rígidas y una distribución de planta no actualizada. Algunas acciones Lean para solucionarlo son: células de fabricación flexibles, polivalencia de los operarios logísticos y producción en flujo.

Operaciones sin calidad y reprocesos: puede ser debido a la mala calidad de las piezas del proveedor, falta de formación y motivación de los operarios y al diseño inadecuado del proceso de producción. Algunas de las posibles acciones Lean para eliminar este despilfarro son: fiabilizar la maquinaria, fomentar la calidad en el puesto de trabajo o técnicas como 5S o Kanban.

Aguardar – esperas: surgen por falta de flujo continuo en la producción, por una mala coordinación entre máquinas y operarios o por una producción no equilibrada, algunas de las acciones Lean para corregir este despilfarro son: nivelar tanto la línea como la producción global, aumentar la polivalencia de los operarios o ajustar el JIT con los proveedores.

3.2 Técnicas Lean

Se explicarán las técnicas Lean más conocidas una a una. Siguiendo con el documento guía de este capítulo, estas técnicas se pueden dividir en tres grandes grupos para comprender mejor la ubicación de cada una.

Técnicas Lean básicas:

- 5S: mejora de las condiciones de trabajo.
- SMED: disminuye los tiempos de preparación entre operaciones y cambios de referencias.
- TPM: serie de acciones de mantenimiento para evitar paradas en las máquinas.
- Estandarización: instrucciones que sean comunes a todos, entendibles por todos y lo suficientemente tecnicadas para que se realicen de la misma manera por cualquier operario formado para la tarea.
- Control visual: resume las técnicas de control y comunicación visual que facilitan a los operarios el conocimiento del estado del sistema y sus acciones de mejora.

Técnicas de compromiso transversal:

- Jidoka: capacidad de las máquinas de detectar errores a la hora de realizar la operación.
- Técnicas de calidad: conjunto de técnicas que buscan eliminar al máximo posible los errores.
- SPP: sistemas de participación de personal que supervisan y controlan el sistema Lean.

Técnicas avanzadas:

- Heijunka: sirve para planificar y nivelar demanda, en cuanto a diversidad y volumen de producción se refiere, para conseguir un flujo continuo de producción pieza a pieza.
- Kanban: forma de control y programación coordinada de la producción usando tarjetas.

3.2.1 5S

Se podría definir como la primera técnica a aplicar del Lean Manufacturing en cualquier empresa, se basa principalmente en el orden y la limpieza, el acrónimo viene del japonés, al tratarse de 5 palabras que empiezan por S.

Es una implantación sencilla y fácil, sin necesidad de recursos económicos, multidisciplinar y que puede evitar:

- Entorno sucio de los puestos, máquinas, instalaciones, etc.
- Desorden en pasillos, embalajes, stocks, etc.
- Elementos rotos de instalaciones y mobiliario.
- Exceso de averías.
- Falta de motivación de los operarios en su puesto de trabajo.
- Flujo de movimiento de personas innecesario.

Para su implantación se deben seguir las 5S:

- “*Seiri*” /Seleccionar: separar y eliminar los artículos necesarios de los no necesarios. Verificar de forma frecuencial que se no existan elementos innecesarios.
- “*Seiton*” /Ordenar: que haya un lugar para cada cosa y que cada cosa esté en su lugar, que todo operario sepa dónde debe ir cada elemento (identificaciones y siluetas. Es necesario una verificación periódica del cumplimiento de esta ley, sobre todo con aquellos posibles elementos que sean nuevos en el entorno de trabajo.
- “*Seiso*” /Limpieza: se empieza por limpiar los puestos de trabajo nada más ensuciarse, luego de manera periódica y al final de manera sistemática. Se ha de verificar que se limpian por sistema
- “*Seiketsu*” /Estandarizar: definir los métodos a seguir para que los pasos anteriores se cumplan, que sean accesibles y prácticos para los operarios. Verificar periódicamente que estos métodos están actualizados para cada situación.
- “*Shitsuke*” /Autodisciplina: formar el hábito, que todo el mundo esté concienciado y que realizar las 5S sea una acción rutinaria e insertada en la formación. Posible verificación con una auditoría interna.

3.2.2 SMED: Cambio rápido de herramientas

El acrónimo viene del inglés (Single Minute Exchange of Dies), el SMED es una técnica que busca reducir los tiempos de preparación de la maquinaria, para ello, se analiza cada proceso de forma detallada y se cambia de manera radical aquel posible elemento que facilite la reducción de tiempos, ya sea máquina, utillaje, herramientas o producto si es posible. Requiere de la implantación de nuevos mecanismos que sean multifuncionales y rápidos, aunque no conlleva un recurso económico excesivo, si es necesario que exista constancia y buen método para conseguir el objetivo.

Esta técnica es muy importante si se tiene una demanda variada y de diversos volúmenes, ya que se necesita por lo tanto una producción y unos sistemas de proceso consecuentes a ella. Si para cada cambio de diversidad o referencia del producto que se fabrica se requiere un alto tiempo de cambio, las pérdidas por falta de producción pueden ser muy elevadas. Además, una buena aplicación del SMED trae consigo una reducción del inventario de espera de los distintos elementos que forman el conjunto del montaje, ayudando a conseguir un flujo JIT y continuo pieza a pieza.

Las fases de implantación del SMED, son:

1. Diferenciación de la preparación externa e interna: preparaciones internas son aquellas en las que es necesario que la máquina se pare para realizar la preparación, de manera opuesta, las externas se pueden realizar con la máquina en funcionamiento.
2. Mejorar las operaciones: se pretende que el tiempo de preparación interna se reduzca modificando y evaluando de manera continua la operación.
3. Mejorar el equipo: es necesario modificar el equipo con el que se cuenta para realizar la operación externa para que sea útil en diferentes preparaciones, también se debe automatizar lo que sea posible, sin que afecte a la máquina y que reduzca el tiempo de preparación.
4. Preparación Cero: lo ideal es tardar 0 segundos en realizar la preparación, así que el objetivo final es el de tener una tecnología apta y un diseño flexible para cualquier producto o proceso que tenga lugar.

3.2.3 Estandarización

Esta técnica es una de las básicas a seguir para un sistema Lean, sirve para entender aquellas técnicas más eficaces y fiables de una planta de producción, ayuda a conocer de manera precisa a las máquinas, los materiales, los productos, la calidad, los procesos de fabricación y a los operarios. Brinda información para que sea más fácil realizar productos a bajo coste, de gran calidad, de forma segura y rápida.

Los estándares no pueden ser algo fijo que sirva para decorar, debe ser flexible y con vida propia para que sea efectiva la técnica, las características que debe poseer un buen estándar son:

- Tiene que ser una explicación fácil y sencilla de los mejores métodos.
- Debe proceder de aquellas mejoras efectuadas con las técnicas y herramientas apropiadas para cada situación concreta.
- Que su ejecución esté garantizada.
- El estándar será el punto de partida para las actualizaciones posteriores en una continua mejora.

La estandarización puede aplicarse a infinidad de situaciones o actividades en la empresa, las más importantes pueden ser:

- Control de la calidad: mediante gráficos que permitan ver la evolución de los diferentes problemas de calidad para analizarlos y aplicar soluciones, con operaciones estándares e inspeccionadas.
- Gestión de equipos: inspección de los equipos, programas para el mantenimiento con intervenciones, gestión visual y los análisis pertinentes de las averías.
- Gestión de operaciones y oficina técnica: seleccionar despilfarros y eliminarlos, análisis de tiempos en las operaciones, estandarización del tiempo de operación, seguimiento de actividades de mejora continua.
- Gestión de control de la producción: órdenes de fabricación diarias con actualizaciones en vivo y con una buena comunicación, seguimiento real de las averías de cada máquina o estación, información panelizada, transparente y visual para todos.

3.2.4 TPM: Mantenimiento Productivo Total

Las siglas TPM vienen del inglés: “*Total Productive Maintenance*”, este Mantenimiento Productivo Total está centrado en eliminar las averías contando con la ayuda de los operarios que tengan cualquier serie de contacto con la maquinaria que sea. El TPM tiene cuatro objetivos principales:

- Instalaciones de máquinas con la máxima eficacia posible.
- El desarrollo de un programa de mantenimiento para el equipo que sea, desde la misma fase de diseño hasta el final de su vida útil, incluyendo intervenciones preventivas sistematizadas, reparaciones forzadas y posibles modificaciones.
- Unión y concienciación de los departamentos que estén involucrados en cualquier etapa de la vida del equipo, desde operarios hasta dirección.
- Mantenimiento autónomo por parte de los operarios que usan el equipo.

Para su correcta implantación, el TPM necesita que se produzcan las etapas:

- Etapa preliminar: para esta etapa se necesita modelizar los datos involucrados en el mantenimiento, mediante identificación y codificación de distintas averías de equipos y de acciones preventivas.
- Etapa 1, situar la línea en su estado inicial: cuando se implanta cualquier equipo, el estado de este es el idóneo, tras cualquier operación en el equipo, sea del tipo que sea, el entorno ha de quedar como si fuera la situación ideal inicial.
- Etapa 2, eliminar zonas de acceso difícil y aquellas fuentes de suciedad: para que sea más fácil actuar correctamente en caso de intervención en el equipo.
- Etapa 3, aprender a inspeccionar el equipo: se debe formar a los operarios para que las tareas de mantenimiento básico sean realizadas por ellos mismos, por lo que estos deben conocer al detalle cómo funciona el equipo.
- Etapa 4, mejora continua: una vez los operarios estén desarrollando las actividades de TPM de manera autónoma, estos deben proponer mejoras tanto en las tareas como en las máquinas.

3.2.5 Control visual

Son una serie de técnicas basadas en la practicidad para una buena comunicación para poder observar de una manera rápida y entendible el estado del sistema de producción, para así poder analizar más fácilmente las posibles anomalías o despilfarros que se tengan para cada momento. Estas técnicas han de plasmarse de un modo transparente y transversal para todos los empleados de una planta de fabricación o empresa; aquello que se plasme tiene que estar en concordancia y ser creíble con la situación real del momento, para así motivar a los operarios e informarlos del cumplimiento con los objetivos. Hay diferentes métodos de control visual, que se pueden agrupar en:

- Espacios y equipos: con marcas en el suelo, áreas de descanso, instrucciones en paneles, identificación de los espacios, recursos y actividades.
- Documentación en el puesto de trabajo: hojas de instrucciones de las operaciones y del mantenimiento, estudios de tiempos/movimientos, pasos a seguir para la seguridad, etc.
- Control visual de la producción: mediante indicadores de la productividad, producción programada con estadísticas y con identificación del estado de reprocesos, stocks y operaciones.
- Control visual de la calidad: estadísticas controladas del proceso, problemas registrados y transparentes, señales de la motorización de maquinaria.
- Indicadores: gestión de estos en cuanto a objetivos y resultados, mejora continua, sugerencias y de manera concreta para el proyecto que se esté desarrollando en ese momento.

Para que los controles visuales tengan futuro, se recomienda que ningún proyecto comience sin que las fases estén definidas y sin que esté comprometida toda la compañía, es muy importante que los controles que se empleen sean acordes a la realidad y lo más visual posible. Se debe inculcar a todo el personal la importancia de mejorar su puesto de trabajo y el entorno que les rodea y, sobre todo, que sean ellos mismos los que propongan mejoras de manera continua, ya que no hay nadie que pase más tiempo en el puesto.

3.2.6 Jidoka

Es un término japonés que pretende automatizar con un carácter humano, en conjunto se denomina autonomación. Busca erradicar productos finales con defectos, de forma que los errores que sucedan durante el proceso se detecten automáticamente. En la tabla 3.2 se ven las fases del frente al tipo de actividad.

Tabla 3. 2 Jidoka [Revista Logiciel nº57.2007]

Fases de la autonomatización	Tipo de actividad
<ol style="list-style-type: none"> 1. Proceso. Que el esfuerzo que hacía el operario lo haga la máquina. 2. Sujetar. Operario carga el útil y el apriete pasa de manual a ser accionado mecánicamente. 3. Alimentación. La intervención del operario será solo cuando exista algún error, la manutención será automática. 	Operaciones simultáneas operario/máq
<ol style="list-style-type: none"> 4. Paradas. El sistema para la máquina después del proceso correctamente, el operario escoge entre abandonar proceso o máquina. 5. Retornos. El sistema vuelve al inicio automáticamente cuando este haya parado y finalizado de manera correcta. 6. Retirada de piezas. La pieza sale de forma automática después de que el proceso y retorno acaben, se carga la siguiente sin tocar la anterior. 7. Poka-Yoke: Mecanismos anti-error. Dispositivo pasa - no pasa, detecta errores en piezas defectuosas o mal montadas. Alerta y para. 8. Carga. Se carga la pieza automáticamente, el proceso detecta problemas y realiza la parada. 9. Autonomación de inicio. La máquina procesa las piezas de forma autónoma, previendo problemas en cuanto a seguridad y calidad. 10. Autonomación de transferencia. Operaciones enlazadas por transferencia de datos. El operario no interviene. 	<p>Tareas de operario</p> <p>Tareas máquina</p>

Es una técnica aplicable a muchas escalas de la producción, desde escenarios más complejos a menos y que garantiza que el cliente reciba su producto en la condición que desee.

3.2.7 Técnicas de calidad

Producir bien debe ser imperativo para cualquier empresa, los productos han de tener, como mínimo, la calidad que se promete o la que espera el consumidor, para conseguirlo es necesario una concienciación de toda la empresa, algunas de las herramientas que se pueden usar son:

- **Chequeos de autocontrol.** Se pretende que el operario que realiza la operación haga el chequeo. Para que sea útil, es necesario que el operario sea crítico con su trabajo. Uso de técnicas sencillas y prácticas, que se puedan comunicar fácilmente y que sean registrables.
- **MAQ, Matriz de auto calidad (“Matrix Auto Quality”).** Es una herramienta que ayuda al control de la calidad, sirve para analizar en qué momento se produce el defecto y dónde se detecta dicho defecto. Esas dos informaciones se cruzan (columnas para detección y filas para producción o viceversa), lo ideal es que los datos que se recojan estén situados en la diagonal de la matriz, ya que significaría que se detecta el fallo justo en el lugar de la operación correspondiente. Se añaden otras opciones para involucrar a proveedores y cliente.
- **Ciclo PDCA.** Viene del inglés “*Plan, Do, Control, Act*”, es un ciclo de mejora continua. Empezando por la P: se planifican las acciones de mejora para una determinada actividad tras un análisis de las debilidades encontradas, D: se realizan las acciones, C: se comprueban los resultados para sacar conclusiones y, A: se estandariza lo conseguido y se vuelve a empezar el ciclo.
- **Cero defectos:** es el nombre del plan general de la empresa para conseguir el objetivo de la calidad. Implica a operarios, producto, procesos, información y máquinas. Se consigue con las técnicas Lean.
- **6 sigma:** es una metodología clave en el proceso que se realiza de cara a largo plazo, con el objetivo de desarrollar una nueva cultura a cualquier altura de la empresa. A efectos de errores, el seis sigma pretende que como mucho existan 3,4 defectos por millón de oportunidades (DPMO). Se aplica en un proceso de 5 fases llamado DMAIC: definir, medir, analizar, introducir mejoras y controlar.

3.2.8 SPP: Sistemas de participación del personal

Acciones destinadas a promover la competitividad interna y sana de las empresas, gracias a esto las compañías podrán conseguir mejores resultados en el mercado donde estén ubicadas. Son sistemas que otorgan participación a los empleados para recoger sugerencias y propuestas de mejora expresando sus ideas de manera práctica, para que estas técnicas sean aprovechables, el empleado ha de sentirse parte de la empresa y hacerla suya, se consigue una mejora en motivación y, por lo tanto, también en resultados. Los sistemas más empleados son:

- **Grupos de mejora.** Pueden ser de dos tipos principalmente: Equipos de mejora (Kaizen) y Grupos Autónomos de Producción (GAP) o Unidad Estándar de Trabajo (UET).
 - El equipo Kaizen se dedica a solucionar situaciones problemáticas existentes y posibles futuras, los grupos están formados por empleados de varios niveles de responsabilidad, su principal objetivo es el de mejorar continuamente.
 - Por otro lado, el GAP o la UET, son aquellos empleados que se encuentran trabajando para una zona específica de la planta de producción, que dentro del grupo haya unión es determinante a la hora de implantar cualquier otra técnica del Lean.
- **Programas de sugerencias.** Están enfocados a sacar cualquier idea de cualquier empleado que pueda ser útil, se centran en el individuo para conseguir una mejora en conjunto. Estas sugerencias no deben ser genéricas, tienen que estar basadas en alguna acción o hecho concreto y deberían estar dirigidas hacia los focos de:
 - Mejora de: calidad, operaciones y administración.
 - Seguridad y ergonomía en el puesto de trabajo.
 - Evitar desperdicios de materiales.
 - Suprimir despilfarros.
 - Ahorro energético.

Aunque esta técnica no es originalmente inventada del Lean, que tenga utilidad y que sea válida sí que es responsabilidad de la filosofía que propone el Lean.

3.2.9 Heijunka

Esta técnica, como el Kanban del siguiente punto, proviene de la industria automovilística, para aplicarla en condiciones debe existir una fuerte unión con el JIT y estar en un entorno adecuado. En concreto, Heijunka es la técnica capaz de organizar y nivelar la demanda de los clientes en cuanto a volumen y diversidad para un periodo de tiempo determinado. Es imprescindible conocer la demanda del cliente perfectamente, así como lo que supone realizar cada producto en el proceso de fabricación. Las técnicas que usa el Heijunka son:

- **Células de trabajo.** Para cumplir con los objetivos del cliente, en tiempo y en calidad, reduce y mejora el inventario, reduce el espacio de layout y aumenta el uso adecuado de las máquinas.
- **Flujo continuo, pieza a pieza.** La forma de trabajar debe basarse en que el producto tiene que fluir sin pararse durante el proceso, reduciendo el plazo de fabricación al mínimo posible y sin realizar sobreproducción. Para cumplirlo se ha de tener en cuenta 3 escalones distintos de flujo:
 - Información: normalizada para decidir adecuadamente.
 - Materiales: el material debe pasar el tiempo justo en el proceso de producción, sin necesidad de almacenarlo y en flujo pull.
 - Operarios: se debe formar a los operarios con las técnicas adecuadas para ganar flexibilidad y eficacia en los procesos distintos procesos de fabricación de su célula de trabajo.
- **Producción a tiempo de ritmo (Takt time).** La palabra Takt, viene del alemán y significa compás, número de referencia que indica el ritmo de trabajo, se obtiene dividiendo el tiempo de operación por periodo (segundos) entre la demanda del cliente por periodo (unidades). Sincroniza lo que demanda el cliente con lo que se debe producir.
- **Nivelación de la diversidad (mix) y volumen de la producción.** Si bien resulta menos conflictivo, en cuanto a la complejidad del proceso productivo se refiere, hacer la fabricación en grandes lotes va en contra de la flexibilidad y de la adaptación a la variabilidad de la demanda, nunca se estaría en equilibrio con la curva de la demanda y se produciría sobre producción y falta de esta según el pico.

3.2.10 Kanban

Palabra del japonés, recoge la definición de sistema de control y de organización sincronizada de la fabricación o producción basada en la identificación y movimiento de tarjetas u otras señales con la misma finalidad: que la producción siga un movimiento pull. Hay dos tipos distintos de Kanban:

- Producción: señala qué se fabrica y en cuánto para el proceso siguiente.
- Transporte: indica cantidad y qué material se retira del proceso anterior.

Esta metodología se asocia a métodos de control de producción y logística:

- **Nivelar la producción: unión logística – producción.** Se acuerda un contrato entre los departamentos de logística y de producción en cuanto a la diversidad y la cantidad que se va a producir en un periodo de al menos un mes. De esta manera, ambas áreas podrán trabajar en sinergia y conseguir lo que exige la demanda.
- **Relación con el proveedor.** En un sistema de producción pull, solo se debería fabricar la cantidad exacta de los distintos productos que el cliente desea. De la misma manera que la logística se asocia con la producción, la empresa debe crear vínculos a largo plazo y provechosos en una relación “win – win” (ambas partes ganan) con los distintos proveedores que suministran la materia base con la que hacer los productos finales, consiguiendo un aprovisionamiento acorde al sistema pull y unos materiales de mejor calidad.
- **Polivalencia de los operarios.** Debido al sistema de producción pull y a la diversidad y volumen del mix de fabricación, los operarios deben ser lo más flexibles y/o polivalentes posible, para asegurar que cualquier operario de una zona concreta de fabricación, conocerá la mayoría de los puestos y responsabilidades de estos, consiguiendo que esa célula de trabajo sea autónoma. Vigilando esta zona de trabajo estará el responsable de esta, que debe conocer el 100% de las operaciones y puestos y que es el líder de los empleados a su cargo. Este debe velar por la eliminación de las tres “M” (en japonés: muri, muda, mura), operaciones no ergonómicas, despilfarros y operaciones irregulares.

3.3 Aplicación del sistema Lean

Vistas las técnicas más importantes y una vez entendido el origen y concepto de Lean Manufacturing, hay que tener claro que para que funcione se necesita crear una cultura que implique a cada uno de los empleados de la empresa, que haya buenos formadores en la compañía y que la gente esté formada en los ámbitos que les correspondan, que las técnicas sobre el papel no valen nada si no se trabaja en la planta y si no se comprueban las acciones de manera presencial y, por último, que la unión y el compromiso, así como la buena información, son clave entre cada una de las partes que forman un sistema productivo, desde el montaje de las piezas, como las operaciones de las máquinas, la manutención, los flujos de la logística y el buen estado de los productos de los proveedores y la relación con los mismos.

El Lean Manufacturing, defiende que lo más importante y en lo que se debe centrar toda aplicación de las técnicas que ofrece este sistema, debe ser la persona, es por eso por lo que la seguridad debe ser lo más importante de todo y de todos los implicados en el mismo.

Para el caso concreto del proyecto, se aplican varias técnicas o herramientas del Lean Manufacturing para un puesto de montaje en la zona de trabajo de Bajo motor, en la Línea 2 K9 de la nave de Motores 3 de la Factoría de Montaje motor de Valladolid, España.

Las más estudiadas en el proyecto son:

- 5S.
- Ciclo PDCA.
- Reducción de stocks intermedios.
- Contrato logístico – producción.
- SMED.
- Estandarización.

Que serán explicadas y/o aplicadas en los siguientes capítulos.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN INICIAL

4. Análisis de la situación inicial

4.1 Contexto del puesto de montaje

El puesto de montaje al que se van a aplicar acciones de Lean Manufacturing pertenece a la Línea 2 K9, situada, como ya se comentó en capítulos anteriores, en la zona norte de la nave de motores 3, figura 4.1.

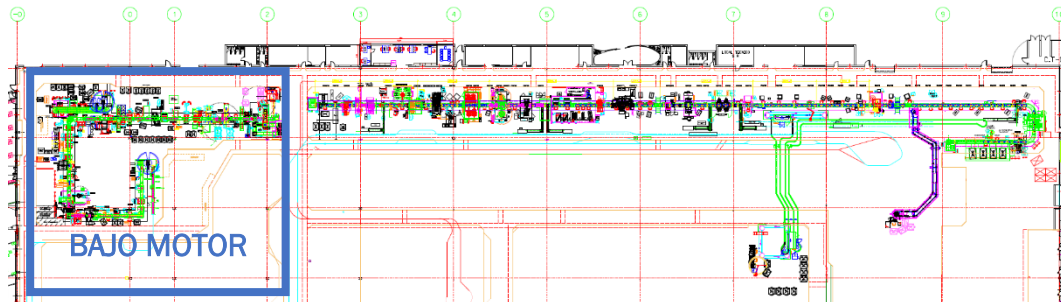


Figura 4. 1 Plano Línea 2 K9 [Doc. Interna Renault]

El puesto se encuentra en la zona de Bajo motor, en esta zona se monta la base del motor y para que esta se realice rápidamente, con calidad y de forma segura se necesitan el conjunto de 9 puestos manuales y de 52 estaciones y máquinas mostrados en la tabla 4.1 y tabla 4.2 respectivamente.

Tabla 4. 1 Listado Puestos manuales Bajo motor [Elaboración propia]

Puesto Manual	Denominación
20	Carga de cigüeñal
40	Montaje semicojinetes inferiores
70	Segmentación pistones
90	Carga de biela y pistones
117	Tapas de biela
130	Tapa nariz
190	Preparación cárter de aceite
210	Montaje volante
240	Montaje de embrague

Tabla 4. 2 Listado Puestos automáticos Bajo motor [Elaboración propia]

Máquina	Denominación	Máquina	Denominación
5	Elevador Bajo motor	112	Comprobación pistones
7	Carga de bloque	110	Enquillado 1
9	Identra	111	Enquillado 2
140	Micropicado 1	115	Volteador 3
141	Micropicado 2	117	Semicoj. tapa biela
Mesa giro	Mesa giro 1	120	Apriete bielas
12	Volteador 1	135	Enmangue guía aceite
18	Despegue tapas	147	Control semicojinetes
25	Enmangue rodamto.	150	Apuntado bomba agua
14	Pissetes 1	170	Apriete Bba. Tapa nariz
15	Pissetes 2	190	Carter aceite
Mesa giro	Mesa giro 2	225	Alimentador tornillos
19	Casquillos bba aceite	230	Apriete cárter de aceite
30	Semicoj. superior	235	Enmangue retenes cig.
35	Aceitado	205	Carga volante DVA
38	Silicona tapa 1	210	Carga volante macizo
50	Apriete tapas banc.	235D	Mesa de giro 3
55	Volteador 2	220	Apriete volante
60	Medida muñequillas	250	Apriete embrague
105	Engrase muñequillas	260	ZAQ BMM. Mesa giro
80	Rotura biela	1000	Robot Transferidor
85	Lectura biela	1002	Control afloramiento
100	Selección pistones	Descensor BM	Descensor BM
103	Enmangue circlips	Elevador doble	Elevador doble
104	Segmentación	Lavado	Lavadora
20	Carga cigüeñal	95	Control circlips. Pistón

Estos puestos se distribuyen a lo largo de la línea de fabricación de Bajo motor, esta zona ocupa una superficie de 1100 m², aproximadamente un tercio del total de la línea, y es conocido con las siglas de BMM en las distintas señales del taller, el conjunto de dichos puestos se ve representado en la figura 4.2.

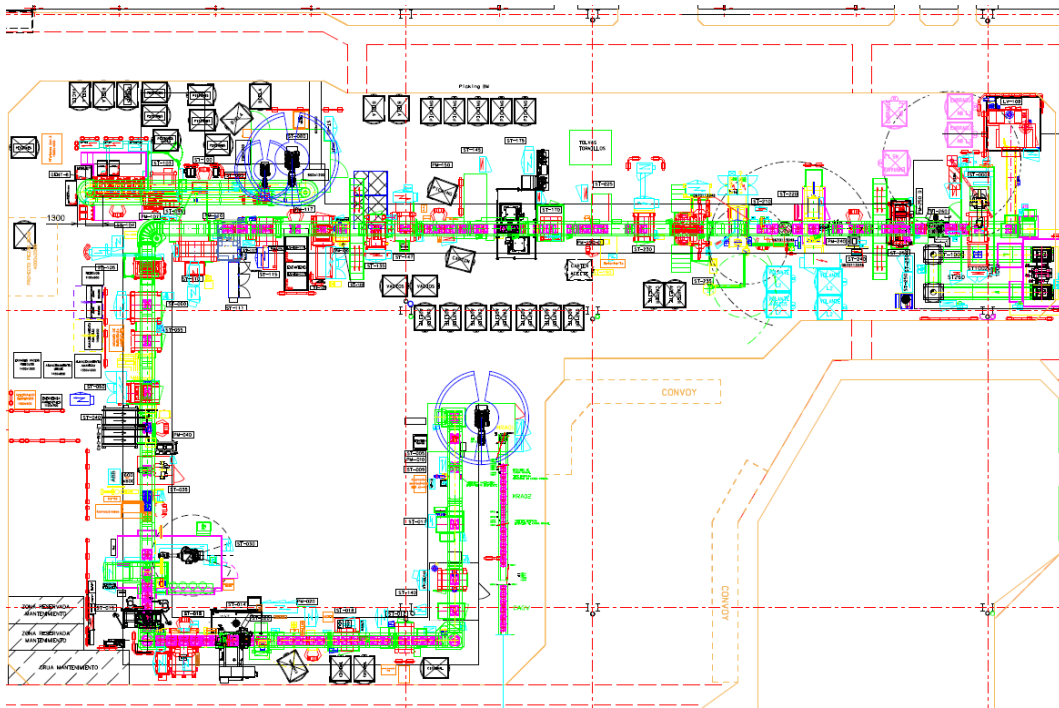


Figura 4. 2 Plano zona Bajo motor Línea 2 K9 [Doc. Interna Renault]

El puesto sobre el que se desarrolla el análisis para la futura acción de Lean Manufacturing es el PM-90 Carga de biela y pistones, situado entre las máquinas ST-103 Enmangue circlips y ST-85 Lectura biela y ST-80 Rotura biela. Este puesto manual trabaja directamente con la ST-100 Selección pistones. Se puede ver la selección de estaciones o máquinas alrededor del puesto en la figura 4.3, todo ello ocupa una superficie de cerca del 9,6% del total de Bajo motor, lo que hacen unos 105 m² dedicados a máquinas, operarios y stock al borde de línea.

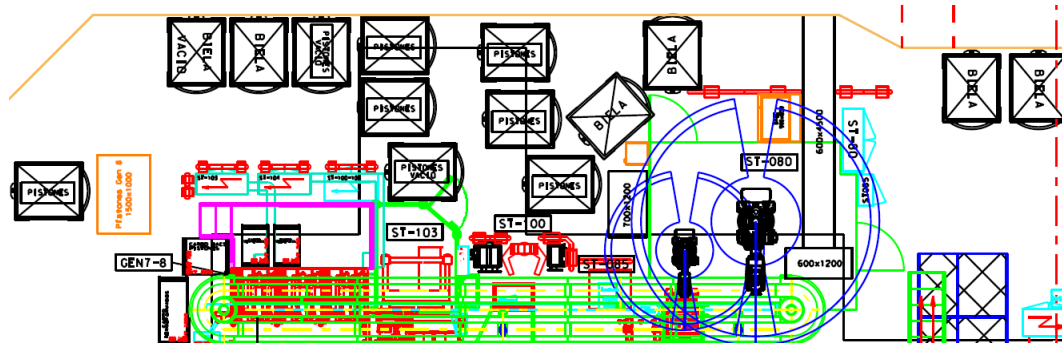


Figura 4. 3 Recorte plano puesto de montaje BMM [Doc. Interna Renault]

Este puesto es uno de los más importantes de todos los del montaje del motor, ocurre con casi todos los puestos de bajo motor, cualquier realización defectuosa del proceso de montaje en estos puestos, puede conllevar a que el motor no arranque, no funcione como es debido, o que se convierta en chatarra directamente, según el tipo de error de montaje cometido.

Concretamente para el Pm-20 Carga de bielas y pistones: se manipulan 2 piezas con diferentes diversidades casi al mismo tiempo (los pistones y las bielas), ambas piezas son claves para que el futuro motor sea seguro y de calidad.

El “SWI de Calidad” [Doc. Interna Renault] es un documento creado por el departamento de Mejora Continua (una de las bases de la filosofía Lean en la empresa) que recoge las posibles averías en cliente por cada puesto si durante el proceso de montaje se han cometido irregularidades, para el puesto de montaje PM-90 Carga de bielas y pistones, se tiene que las consecuencias para el cliente tras un montaje erróneo son: pérdida de potencia, alto consumo de aceite y posible destrucción del motor. La información de este documento en concreto conciencia sobre la importancia de realizar este proceso de fabricación como marca la norma y de una forma estandarizada.

4.2 Descripción del puesto

4.2.1 Proceso

Las técnicas Lean Manufacturing se realizan sobre la manutención a la línea de montaje de las cabezas de los pistones. Las explicaciones del proceso de fabricación se hacen sobre el puesto que monta directamente las cabezas en el pistón final.

4.2.1.1 FOP

De la ficha de operación del producto, creada por ingeniería, se define el pistón por la unión de los elementos de biela y cabeza del pistón, como se puede ver en la figura 4.4.

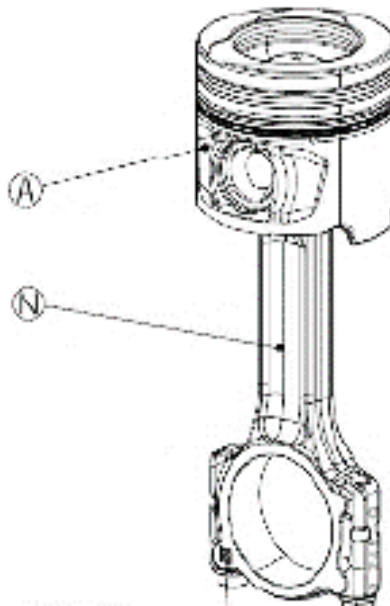


Figura 4. 4 Pistón formado por biela y cabeza [Doc. Interna Renault]

Esta pieza está en conflicto o en relación con al menos otros dos elementos del motor, que son el cigüeñal y el cárter de cilindros, para las figuras 4.5 y 4.6 se puede ver esta unión en perspectiva y seccionada respectivamente.

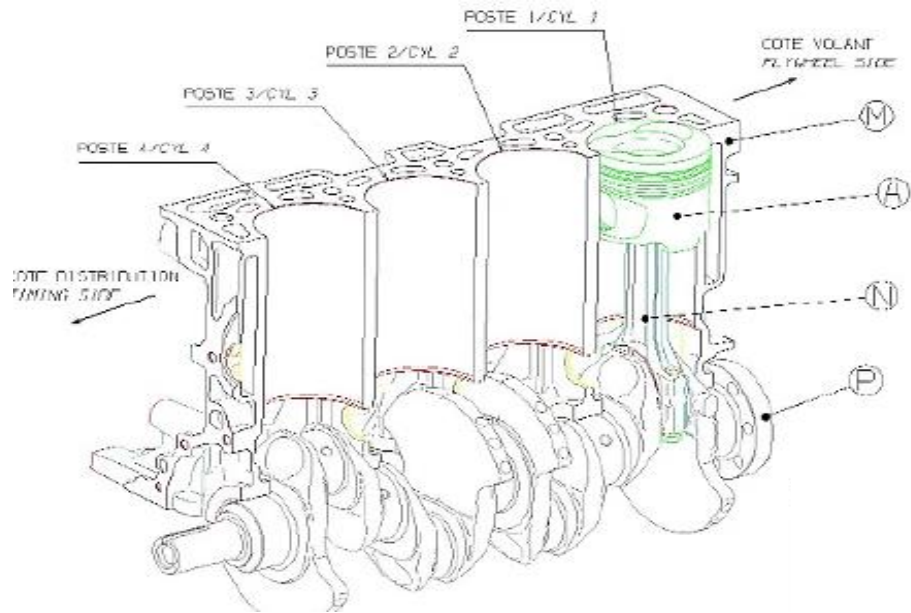


Figura 4. 5 Perspectiva conjunto pistones en motor [Doc. Interna Renault]

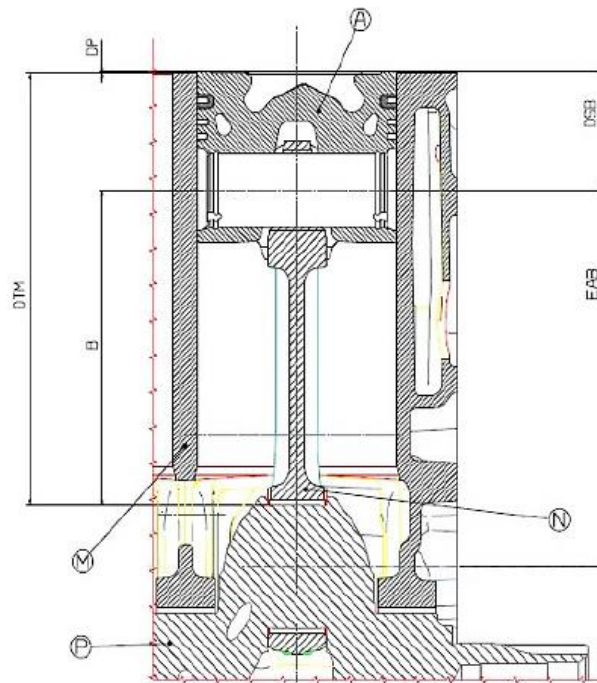


Figura 4. 6 Sección conjunto pistón con en motor [Doc. Interna Renault]

El cárter de cilindros se corresponde principalmente con el conjunto de espacios huecos y de forma cilíndrica adaptada para el movimiento de sube y baja de los pistones por su interior de manera individual (un espacio – un pistón).

Dependiendo del tipo de motor y de sus características de potencia, el cárter de cilindros puede tener distinta cantidad de pistones, generalmente se asocia mayor número de cilindros a más potencia o a mayor cilindrada para vehículos de combustión, en el caso de los motores K9 que fabrica la línea 2, todos los tipos de modelo que se fabrican constan de cuatro pistones.

El cigüeñal es un eje con codos perpendiculares a lo largo de su dimensión longitudinal, que transforma el movimiento rectilíneo del pistón en circular o rotativo.

Para hacerse una idea de las dimensiones del pistón y por lo tanto del conjunto de trabajo, la magnitud de la longitud del pistón montado es cercana a los 20 centímetros de largo, con un diámetro de la cabeza del pistón aproximado de 5 centímetros.

Que las longitudes y las tolerancias de unión entre los elementos: cabeza pistón, biela, cárter de cilindros y cigüeñal (A, N, M, P, para las indicaciones en las distintas figuras), estén en perfecta armonía es vital para que el futuro motor no falle y sea de calidad, en el punto de riesgos de este capítulo se expone los problemas que pueden ocurrir si el encaje entre estos elementos no es el idóneo.

4.2.1.2 FOS A

En la ficha de operación estándar, creada por el montaje y de la que se obtiene la información que se plasma de forma literal para parte del desarrollo específico de este punto, se tienen el conjunto de operaciones explicadas paso a paso y que debe realizar el operario para montar el conjunto pistón adecuadamente, el tiempo total de las etapas es de 0,29 Cmin¹ y el tiempo de aprendizaje para esta operación es de 10 días (entendiendo por días por turno trabajado diario de 8 horas incluyendo descansos).

¹ Cmin: unidad de tiempo, 1 minuto (60 segundos) equivale a 100 Centésimas minuto (Cmin)

Las etapas principales del proceso son:

- 01. Introducir eje de pistón en pie de biela, para la que se tardan 18 Cmin.
- 02. Abastecimiento de cajas de pistones, tardándose 11 Cmin en completar esta etapa.

Ambas están formadas por un conjunto de operaciones específicas, numeradas de 1 a 10, perteneciendo de la 1 a la 6 incluida a la etapa principal 01, y de la 7 a la 10 a la etapa 02. Estas operaciones son:

1. **Visualizar en la pantalla el tipo de pistón a montar:** El montaje de los pistones se realiza comenzando por el pistón N.º 4 de izquierda a derecha en el pallet del BAP¹.
2. Aprovisionar con MD un pistón **de la bandeja que tenga la baliza encendida**, por la parte superior y con la parte del eje sin circlips hacia el operario, sujetando con pulgar el bulón.
3. Ir al pallet del BAP y simultáneamente con el dedo índice de la MD empujar el eje del pistón hacia el operario para permitir el paso del pie de biela.
4. Posicionar el pistón sobre apoyo BAP con la parte del eje que sobresale hacia el operario. Con MI mover ligeramente el pie de biela de arriba abajo para facilitar la entrada del bulón en el pie de biela.
5. Simultáneamente a nº4 con dedo pulgar de la MD empujar el eje hasta dejarlo introducido a fondo en el pistón.
6. Repetir todos los pasos anteriores para los tres pistones restantes, de izquierda a derecha.
7. Después de coger el último pistón de la caja coger con ambas manos la caja vacía y colocarla en el carro de cajas vacías apilándolas unas encima de otras sin sobrepasar la altura del carro.

¹ BAP: es un tipo particular de pallet en la zona de Bajo motor sobre el que se monta el conjunto de los pistones.

8. **Visualizar el tipo de pistón a montar.** Con ambas manos coger por los extremos una caja de pistones de la letra L y colocarla en la bandeja 1 con el código de barras hacia la parte de fuera de la bandeja haciéndolo coincidir con el lector del código de barras.
9. Repetir el paso 8 para las letras de pistones M en bandeja 2 y K en bandeja 1.
10. **NOTA:** Frecuenciales: Ida a dejar caja vacía de pistones. Coger caja de pistones llena. Vuelta desde contenedor con la caja de pistones llena, hasta el puesto. (1/3). Cambio contenedor pistones: EURO 6 (1/150), Resto (1/260).

Las palabras remarcadas con negrita en la numeración superior forman el conjunto de puntos claves para esta operación, para la primera etapa principal hay un total de dos, mientras que para la segunda etapa principal solamente hay un punto clave, las razones de que sean considerados puntos clave son las se resumen en una sola, que viene dada por el documento fuente, este motivo es: Montar un pistón que no corresponde.

El documento de FOS Análisis también ofrece un apartado de nombre: Lo que está prohibido y por qué/Cómo tratar las anomalías; que recoge las normas fundamentales que se deben cumplir durante la operación. Estas son:

- No montar piezas malas o que hayan caído al suelo.
- Todas las operaciones deben quedar terminadas al finalizar el turno.
- Respetar en todo momento las consignas medioambientales y de selección de residuos.
- Apartar e identificar las piezas malas en la mesa de piezas no conformes.

4.2.1.3 FOS E

El documento de ficha de operación estándar engagement¹ (FOS E), recoge las etapas principales de una o más FOS Análisis, así como de otro tipo de operaciones de movimientos o manutención que no necesitan estar en una FOS A específica.

Para el puesto de montaje: PM-90 Carga de bielas y pistones, se recogen las etapas principales de dos FOS Análisis, la explicada en el punto anterior y otra que se obvia su explicación al tener menos importancia de cara a la manutención de la pieza objetivo del proyecto, que consiste en el aprovisionamiento de las bielas que formaran parte del pistón conjunto final.

Las etapas principales de este puesto de montaje, es decir, las que teóricamente debe realizar un operario, extraídas del documento FOS E con el tiempo de duración de estas en minutos (min), son:

- Desplazamiento 1 paso (Frecuencial 1/80 carga bielas a puesto BAP). 0,01 min.
- Aprovisionar frecuencialmente (1/80) 4 bielas + 4 bielas y colocar en perchas de pallets BAP. 0,03 min.
- Desplazamiento 1 paso (a 2º pallet de BAP). 0,01 min.
- Introducir eje de pistón en pie de biela. 0,18 min.
- Abastecimiento de cajas de pistones. 0,11 min.
- Cambio de ráfaga pistones. 0,01 min.
- Validar. 0,01min.

Todas estas etapas suman un Tiempo total Operativo de 0,36 minutos.

En este tipo de FOS E, generalmente aparece según el tipo de motor y/o según la diversidad de la pieza, las etapas que se deben hacer según se estén montando unas u otras, sin embargo, para esta operación, el que se monte un tipo de motor u otro no afecta el tiempo de duración total de la operación.

¹ Engagement: palabra de origen francés traducida como compromiso y que se usa de manera oficial en castellano para Grupo Renault

El puesto se puede observar en la figura 4.7.



Figura 4. 7 Foto del puesto de montaje [Doc. Interna Renault]

Al alcance de las manos del operario, tanto a izquierda como a derecha, están las estanterías donde deben ir colocados los BACs¹ con las diferentes diversidades de cabeza de pistón. A la altura de la cabeza del operario se encuentra el lector de la máquina: ST-100 Selección pistones, que dice al operario qué cabeza debe montar, las estanterías tienen dos controles para que el operario no se equivoque a la hora de seleccionar el pistón:

- La primera consiste en la lectura de la identificación, por código de barras, de la caja donde se encuentra la pieza, en cada estantería debe ir una diversidad concreta de pistones para cada tipo de motor, si esta lectura no es correcta el proceso se para, avisa y no deja trabajar.
- La segunda se basa en un detector de presencia que cubre toda la superficie superior del BAC por dónde se cogen las cabezas de pistón. Si no coges la pieza del BAC que te indica la ST-100, o si te detecta la presencia más de una vez cuando no corresponde, la máquina avisa y no deja trabajar.

¹ BAC(s): caja en donde se suministran diferentes piezas a montar. Tiene unas dimensiones estandarizadas de 39x25,5x11 cm y encajan entre ellas.

4.2.2 Producción real

Según los tiempos que ofrece la FOS Engagement, el Tiempo Operativo Medio (TOM) es de 0,36 minutos, este tiempo se corresponde al tiempo que el operario permanece ocupado con tareas del puesto por cada motor fabricado.

Por otro lado, está el tiempo de ciclo (Tyc), que es común a todos los puestos de montaje de la línea 2, este tiempo va asociado a lo que se debería tardar como mucho en cada operación, no puede haber una operación en la línea que tenga una duración mayor ya que se producirían desequilibrios en el conjunto del montaje, tiene un valor de 0,48 minutos que trasladado a unidades queda que cada minuto se fabrican 2 motores por operación.

Como para el puesto de montaje en cuestión el TOM es menor que el Tyc, el rendimiento operativo es del 74,3% (TOM/Tyc %), esto se traduce en que el operario posee teóricamente un 25,7% de 0,48 minutos de tiempo parado, 0,12 minutos aproximadamente por motor fabricado.

Sin embargo, la teoría se aleja de la realidad, el operario se dedica a fabricar de manera continua, aprovechando esos 0,12 minutos por motor que le sobrarían, esto lo hace porque cuando se acaba el carro de alguna de las diversidades del motor, el operario tiene que mover ese carro vacío al sitio que corresponda y, a continuación, debe colocar un carro reserva de la misma diversidad en el sitio donde estaba el otro carro.

Por otro lado, cuando hay cambio de ráfaga, entiéndase cambio de ráfaga cuando el tipo de motor y clase de pistón cambian, el operario debe realizar también un cambio de carros.

Todos estos cambios de carro deberían ser realizados por otro operador, logístico en este caso, pero debido al frecuencial inadecuado de manutención de piezas y una ausencia de comunicación, al final es el operario de montaje quien se encarga de esta manipulación logística. Se explicará en el último punto de este capítulo este problema.

4.3 Diversidad

Es importante conocer la diversidad de los motores que se fabrican en el K9 de motores 3, para comprender la complejidad de los flujos logísticos y la manutención perfecta a las líneas. En la línea 2 se pueden llegar a montar cerca de 250 motores diferentes, cuyas diferencias entre ellos pueden variar en presencia o ausencia de piezas a lo largo de todo el proceso productivo, si se agrupan por familias es cantidad se reduce a 64 índices distintos. Para la pieza cabeza de pistón analizada, estos 64 modelos de motor usan un tipo determinado de pistón, en la tabla 4.3 se representan los modelos de motor con el tipo de pistón que montan.

Tabla 4. 3 índices de motor con tipo de pistón [Doc. Interna Renault]

Modelo	Pistón	Modelo	Pistón	Modelo	Pistón
276	THP	646	ACERO	808	EU5CG
400	EU5CG	6F6	GEN5/6	812	THP
450	EU5CG	647	ACERO	830	THP
460	ACERO	648	ACERO	EP8	EU5CG
461	ACERO	649	ACERO	837	EU5CG
470	ACEROG8	674	GEN5/6	838	THP
471	ACEROG8	650	ACERO	846	EU5CG
480	ACERO	656	GEN5/6	854	ACEROG8
XX4	EU5CG	657	GEN5/6	855	ACEROG8
481	ACERO	658	GEN5/6	849	EU5CG
500	ACERO	6G6	GEN5/6	856	EU5CG
608	GEN5/6	666	GEN5/6	858	EU5CG
609	GEN5/6	667	GEN5/6	862	ACEROG8
6D6	GEN5/6	675	GEN5/6	U8U	ACEROG8
612	GEN5/6	676	GEN5/6	872	ACEROG8
626	GEN5/6	677	GEN5/6	873	ACEROG8
628	GEN5/6	GX6	GEN5/6	874	ACEROG8
6E6	GEN5/6	714	BP	876	ACEROG8
629	GEN5/6	782	EU5CG	877	ACEROG8
636	GEN5/6	792	BP	886	EU5CG
638	GEN5/6	802	THP	890	THP
639	GEN5/6				

De cara a los operadores logísticos que suministran la línea, ellos se organizan con 7 tipos distintos de pistones, en la tabla 4.4 se refleja el tipo de pistón y las 20 opciones disponibles a elegir para el operador del puesto manual y la referencia de cada cabeza de pistón. Por cada tipo principal de pistón hay hasta 3 alturas distintas que van de menor a mayor de la K a la M pasando por la L.

Tabla 4. 4 Tipo de pistón con su referencia [Doc. Interna Renault]

Tipo pistón	Tamaño pistón	Ref.
THP.	K	8200138572
	M	8200138574
EU5G.	K	8200626545
	M	8200626547
ALUMINIO: EU5-6. GEN5/6.	K	120107569R
	M	120102360R
GEN5 ECO. E5b	K	120108075R
	M	120109167R
ACERO: EU5-6. GEN 5/6	K	120101721R
	L	120102863R
	M	120102879R
ACERO: EU5-6. GEN5/6. DAIMLER	K	120101529R
	L	120105159R
	M	120105596R
ACEROG8	KI	120104011R
	LI	120107957R
	MI	120102507R
	KP	120104730R
	LP	120102324R
	MP	120109494R

4.4 Distribución y flujos logísticos

4.4.1 Bielas y pistones

El operador logístico suministra al puesto de montaje PM-90 Carga de bielas y pistones, los contenedores de estas dos piezas en carros mediante un birlocho como se aprecia en la figura 4.8. Sin embargo, el operador logístico no tiene ningún frecuencial asignado para dejar los carros llenos o coger los carros vacíos, simplemente observa cada vez que pasa por esa zona lo que tiene que dejar o coger.



Figura 4. 8 Carro eléctrico repartiendo carros [Foto interior Renault]

El operario logístico puede traer para esa zona hasta 4 tipos distintos de pallets/contenedores en los carros, estos últimos tienen unas dimensiones de 150 cm de largo por 110 cm de ancho, la base sobre la que se apoya el pallet o el contenedor se encuentra cerca de los 25 cm del suelo. El carro vacío se puede ver en la figura 4.9, se trata de un carro en el que había cabezas de pistones, este mismo carro junto con el pallet puede servir para dejar los BACs vacíos generados en el proceso de montaje.

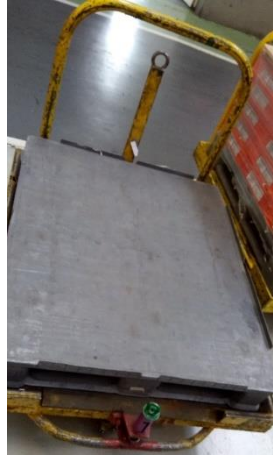


Figura 4. 9 Carro vacío puesto de montaje [Foto interior Renault]

Otro de los carros que se pueden ver en la zona y que el operario en algún momento puede llegar a manipular es el de las bielas, mostrado en la figura 4.10, en este caso, no hay pallet ni BACs, con el contenedor y unas perchas de sujeción es suficiente para su correcto transporte.



Figura 4. 10 Contenedor de bielas lleno [Foto interior Renault]

Para la pieza principal del conflicto, las cabezas de pistones se observan hasta en 3 formas distintas de entrega en los pallets de los carros, con variabilidad en la cantidad de pistones que se entregan.

Cuando los pallets vienen de proveedor con BACs, pueden llegar en dos alturas diferentes, la más alta puede llegar al metro y medio sobre el nivel del suelo, con 9 alturas de BACs y 10 BACs por altura, haciendo un total de 90 BACs por contenedor. La otra opción con BACs es de 6 alturas y con un total de 90 BACs por pallet. Se pueden ver ambas posibilidades en la figura 4.11.



Figura 4. 11 Cabezas de pistones en BACs [Foto interior Renault]

En ocasiones, el proveedor no entrega las cabezas de pistones en BACs y desde logística se manipula el embalaje de la pieza para intentar que llegue en las mejores condiciones a la línea y se presenta en cajas de cartones en 6 alturas y 10 cajas por altura. Esta situación se puede observar en la figura 4.12.



Figura 4. 12 Cabeza pistón entregada en cartón [Foto interior Renault]

Independientemente de ser caja o BAC estandarizado siempre se entregan 12 cabezas de pistones por envase (figura 4.13). Si solo se usara una caja para unos motores, como mucho se podrían hacer hasta 3 (1 motor por 4 pistones).



Figura 4. 13 Cabezas de pistones en un BAC [Foto interior Renault]

4.4.2 Acumulación de Stock a borde de línea

Para este punto, se obvia el stock a borde de línea generado por las bielas y se basa únicamente en el provocado por las cabezas de pistones.

4.4.2.1 Step 0

En el peor de los casos se podía contar hasta 40 contenedores llenos de cabezas de pistones en el borde de línea del puesto de montaje. Desde el departamento de logística no se controlaba ni la cantidad ni la diversidad de lo que se montaba, esto se resumía en una grandísima cantidad de carros y contenedores cerca del puesto: dos contenedores por cada referencia de pistón que se podía montar (40). más cuatro o cinco contenedores de BACs vacíos o con cartón, haciendo un total de 45 contenedores.

Al tener tanta cantidad de stock cerca del puesto y al tener siempre dos contenedores por referencia las opciones de parar la línea porque no hubiera cabeza de pistones eran casi nulas.

Mediante la emisora de los responsables de la zona o a través de la visita del operario logístico se indicaba la cantidad de contenedores a reponer y sus respectivas referencias, pero siempre había al menos un contenedor para cada referencia en el entorno del puesto de montaje.

4.4.2.2 Step 1

Debido a que la cantidad de contenedores que había era insostenible, tanto por la superficie ocupada, afectando incluso a las zonas de paso peatonales, como a las numerosas confusiones a la hora de realizar los cambios de sitio de los contenedores, se instauró el uso de la herramienta “Apro”.

La herramienta “Apro”, sirve para indicar al operador logístico por turno de trabajo lo que se va a fabricar en su turno, ahorrándose así que haya contenedores de pistones que no se van a fabricar para esa franja horaria.

El listado de pistones a suministrar se da a principio de turno y el operario logístico se encarga de suministrar la cantidad de contenedores que, si no hay

averías en la línea, se fabricarán con su equivalente para pistones, contando con la posibilidad de que, si solo se consume de un tamaño de pistones para un tipo de pistón, debe haber un repuesto para que la línea no se pare. Se reduce el número de contenedores un 50 %, quedando alrededor de 20 carros llenos de piezas, sumado a los carros en los que se colocan los BACs o cajas vacías quedan cerca de 22/23 contenedores en el borde de la línea.

Con el cambio de turno del operario logístico, este debe revisar los contenedores que queden a borde de línea, compararlo con lo que tiene que montarse para su turno retirar los que corresponden y/o añadir nuevos.

La transmisión de información entre el puesto de montaje y la logística sigue siendo empleando una emisora y la evaluación visual del operario logístico cada vez que pasa por la zona.

4.4.2.3 Step 2

En este step se pueden contar de media unos 20 contenedores, que siguen siendo una cantidad muy importante a borde de línea y que siguen siendo un problema en espacio, seguridad y en comunicación.

Sin embargo, hay turnos en los que perfectamente se pueden llegar a montar todos los tipos de pistones posibles, para estos casos el operador logístico sigue el procedimiento anterior del step 1, pudiendo volver a tener casi 25 contenedores a borde de línea.

Aunque el aumento de la presencia de carros sea solamente por un momento puntual, es suficiente para impedir aprovechar esta área ocupada para otras actividades. Como pequeña solución se creó una estantería para aquellos pistones que se montan en pequeñas cantidades, llamados “exóticos” por el taller, esta estantería se puede ver en la figura 4.14.



Figura 4. 14 Estantería cabeza pistón “exóticos” [Foto interior Renault]

De esta manera siempre hay disponible un pequeño stock para diversidades específicas evitando el reparto de 4 o 6 contenedores llenos para unos pocos motores.

El número de contenedores como máximo que se pueden ver en un momento crítico en cuanto a cantidad de contenedores se refiere es de 20 contenedores en total.

A partir de aquí y en el siguiente capítulo se propone el Step 3, en el que se gracias a su implementación se podrá reducir el número de contenedores a borde de línea en un gran porcentaje.

ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN PROPUESTA

5. Análisis de la situación inicial

5.1 Departamentos implicados

Dentro de la actividad de producción de motores 3 hay una serie de departamentos con diversas responsabilidades que en conjunto sirven para sacar la producción con calidad y de manera segura, algunos de estos pueden ser: nuevos proyectos, ingeniería, mantenimiento, Kaizen, mejora continua, montaje, lean, logística, kitting - picking o calidad.

De todos ellos, se describen a continuación de manera breve los implicados en este proyecto, su grado de implicación y las personas responsables de los mismos para que el proyecto sea factible.

5.1.1 Montaje

El departamento de montaje se encarga de que las líneas de producción estén en el mejor estado posible, los trabajadores de montaje son los últimos responsables del buen estado del producto final y de hacerlo en el tiempo preestablecido para ello. Para estos operarios, sus actividades, su seguridad y el buen estado de su entorno de trabajo, trabajan los demás departamentos, al final, todo depende de hacer muchos motores en el tiempo adecuado, lo más barato posible y de la mejor calidad.

La persona responsable de la línea 2 es Esther Sanz Martín, que es Jefe de Taller de K9 (motores diésel).

El interés del montaje para realizar una acción Lean Manufacturing en ese puesto se explica en la necesidad de reducir los movimientos que realizan los operarios de montaje para coger y dejar carros llenos y/o vacíos de sus distintas ubicaciones cuando se acaba una determinada referencia y hay que ir a por la reserva, cuando se cambia de diversidad o cuando el carro que recoge los BACs vacíos alcanza la altura máxima.

5.1.2 Logística

Este departamento es el encargado de que la manutención de las diferentes piezas que montan los motores no se pare nunca, que esta manutención sea en las mejores condiciones posibles y que el cuidado de los productos en los distintos almacenes sea el adecuado, evitando almacenar piezas por más tiempo que el requerido.

La persona responsable del departamento de Logística involucrada con este proyecto es María Isabel Lechuga, que ocupa el puesto de responsable de flujos logísticos internos.

El interés de este departamento en la implantación o realización de una mejora de su manutención a través del Lean Manufacturing es más que evidente, hacer que la forma de trabajar de la logística sea más sencilla, es principalmente en beneficio de los operarios logísticos.

5.1.3 Lean

Hay un departamento concreto dedicado íntegramente al Lean Manufacturing y a velar por su implantación y correcto estado en las líneas de montaje de motores 3.

El Jefe de Unidad de Lean Manufacturing de aquellas líneas correspondientes con el K9 es Fernando Israel Sanz

La propuesta de mejora, al ser de por sí una acción Lean, tiene que pasar por los filtros de observación y aceptación de este departamento.

5.1.4 Mejora continua

Este departamento es el responsable de mejorar constantemente los procesos de producción y el entorno de estos, tiene desde personal de Kaizen hasta de informática, pasando por seguridad y prevención de riesgos laborales. Realizan acciones de todo tipo en las líneas de producción para facilitar la labor en los procesos, controlar la calidad de manera más segura y mejorar la seguridad.

El responsable del departamento para motores 3 es Jorge Lobejón Pérez, sin embargo, es el encargado de informática: Jacobo Muñoz Pérez quien colabore a la hora de dar viabilidad a la propuesta Lean.

5.1.5 Piloto

El piloto y responsable del proyecto en cuanto a la implantación se refiere es una persona del departamento de montaje: Rubén Raposo Cabello, becario de Esther Sanz Martín (Jefa de Taller K9).

5.2 Propuestas analizadas

En las reuniones que se han tenido para la selección de la alternativa a ejecutar, se han evaluado varias posibilidades que, por distintos motivos, como económicos o por falta de tiempo de cara a nuevas implantaciones, no se han llevado a cabo a fecha de redacción de este documento.

Para recoger, las principales alternativas comentadas.

5.2.1 Eliminación BACs de cartón

El empleo de cartón como sustituyente de los BACs de plástico convencionales y estandarizados es una práctica que evitar, pero común en la manutención de elementos a la línea.

Tal y como se aprecia en la figura 5.1, se pueden encontrar gran diversidad de tamaños de las cajas de cartón, no solo en el suministro de pistones para el bajo motor de K9.



Figura 5. 1 Comparativa BAC vs cajas de cartón [Foto interior Renault]

El cartón aunque es bien sabido que se puede reciclar, tiene muchos problemas en ser apto para ello, este material se puede manchar o impregnar de aceites u otros líquidos que se encuentren por el entorno del envase, el cartón normalmente va referenciado con pegatinas o pequeños carteles identificativos pegados a él con cinta adhesiva, siendo este último un material no apto, impidiendo su correcto proceso de reciclaje y obligando a realizar una selección de residuos de cierta magnitud previamente al reciclado.

Uno de los problemas que conlleva el uso del cartón como envase es que no es reutilizable tal y como se emplea en Grupo Renault, mientras que los BACs sí se pueden reutilizar. El cartón necesita ser segregado y desechado para su posterior reciclado en instalaciones ajenas.

Para el suministro de pistones, ya se ha visto en el capítulo anterior que en algunos casos llegan a la línea pallets con cajas de cartón haciendo de BACs, esto es debido a que el proveedor de las piezas (cabezas de pistones) no entrega dichas piezas en la cantidad marcada por el proceso y obliga a trabajadores de logística a realizar una operación de trasvase de piezas, para que así las cabezas lleguen de doce en doce unidades.

La idea planteada es eliminar el cartón de los envases de las cabezas de pistones y que estas piezas llegaran a la línea como las demás, en BACs de plástico. Se encuentran dos formas para conseguir esto:

- Que la manipulación intermedia de piezas para que lleguen en packs de 12 se realice metiendo las cabezas de pistón en BACs de plástico.

- Que directamente el proveedor concreto de esa diversidad de pistones entregue las cabezas de pistón de manera estándar (en BACs de plástico), como sucede con las demás diversidades.

Cualquiera de las dos acciones anteriormente comentadas valdría para suprimir el cartón en la manutención del puesto PM – 90, sin embargo, esas acciones no se llevan a cabo de momento debido a:

- Los BACs cuentan con logística inversa, es decir, los BACs no son propiedad del departamento de logística o montaje, las distintas piezas llegan a fábrica de motores 3 en BACs y cuando estos están vacíos, vuelven a una fábrica origen de proveedor para volver a ser empleados con cualquier pieza, tras una revisión del buen estado de estos.
- El contrato con el proveedor ya estaba firmado con anterioridad y con validez aún para más tiempo, este contrato establece que el proveedor puede entregar las piezas como lo está haciendo, por lo que los costes que acarrearía un cambio de contrato, así como la inversión de tiempo en redactar y actualizar la pertinente documentación, supone un gasto no accesible por el momento por ninguno de los departamentos.

5.2.2 Reajuste altura pallet

Tal y como se ha visto ejemplificado en el capítulo anterior, los pallets se suministran generalmente en dos tipos de alturas: de 6 y de 9, en función de la referencia de la cabeza del pistón y no en función de la cantidad de pistones a montar.

Teniendo en cuenta que hay hasta tres alturas posibles para cada índice de motor y que cada referencia va acompañada de un carro de reserva de la misma altura y características, se consigue un parque de carros con distintas alturas sin estandarizar y sin analizar realmente el mix de producción. Tras el montaje de los motores correspondientes de las referencias situadas en el borde de línea, los BACs vacíos se van acumulando en carros con pallets desalojados, estas cajas se acumulan sin tener en cuenta su etiquetado y se dejan de colocar en el carro cuando alcanzan una altura de 9 filas.

En las figuras 5.2 y 5.3, se pueden ver varias situaciones como las comentadas con anterioridad.



Figura 5. 2 Altura contenedores no estandarizada (1) [Foto interior Renault]

Para la figura anterior se observa como el caos de carros es tal, que hay hasta dos carros que invaden el área gris (destinada al paso de birlochos que transportan carros), con el peligro que esto supone.

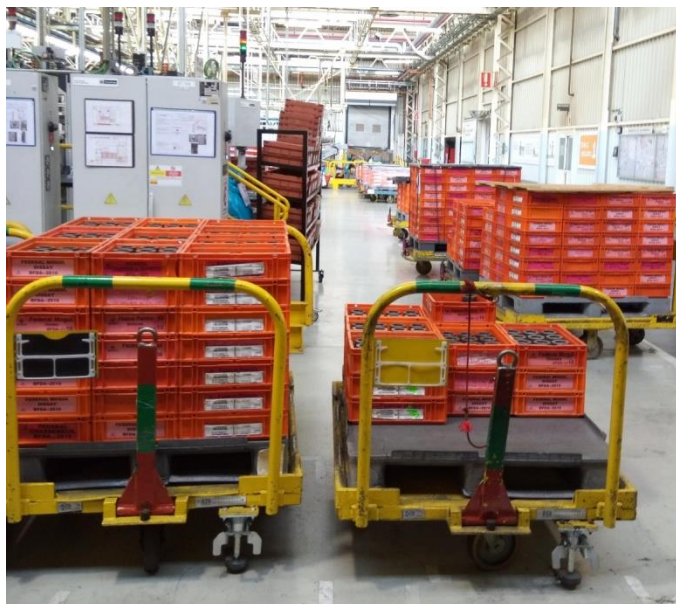


Figura 5. 3 Altura contenedores no estandarizada (2) [Foto interior Renault]

En la imagen anterior se puede ver al principio del parque de carros con BACs llenos de cabezas de pistones a un pico sobrante de producción, esto se

produce cuando no se monta todo el carro al completo en una trancha de motores, y, por tanto, se encuentran carros medio vacíos a la espera de ser recogidos por el operador logístico y reacondicionarse.

Algunas de las ideas que se propusieron para reducir en la medida de lo posible este descontrol, fueron:

- Que todos los carros llenos llegaran a borde de línea de una única altura, independientemente de la cantidad de pistones montables para un índice concreto de motor.
- Que, descartando una altura estandarizada o común a cada referencia pistón, solamente se lleve a la línea lo que como mucho se podría montar de todas las alturas posibles.

Si bien, ambas posibilidades en conjunto son contradictorias, en las dos se habla de un reajuste de la altura de los pallets, estas propuestas aún no se han consolidado, para el caso de la primera idea los motivos son:

- Si bien asignando una altura común a todas las referencias se conseguiría un entorno más estandarizado, y que la posterior reorganización de los BACs llenos para devolver ese material a la línea sería mucho más sencillo al tener que contabilizar siempre el mismo número de BACs total, esto no evitaría reducir el número de carros del parque en el borde de línea. Mientras que los operarios logísticos ganarían en sencillez, el stock pre - montaje aumentaría.
- En determinadas ocasiones los proveedores no sirven las piezas en las mismas cantidades, al igual que sucede con el caso del cartón. Se estaría obligando a una segunda manipulación de las piezas antes de ser servidas.

Para la segunda propuesta, las razones son:

- Con esta idea se reduciría notablemente el stock al borde de línea, ya que como mucho, solamente habría almacenado lo que se podría montar en el peor de los casos (todos los motores de una trancha con una única altura de pistones). Sin embargo, esta situación obligaría al operador logístico a realizar una serie de cálculos considerables si este

no es ayudado por algún programa informático y también habría que realizar una manipulación intermedia de una cuantiosa cantidad de BACs para entregar lo estrictamente necesario para no parar la producción en la línea.

- El operario seguiría sin saber cuándo tiene que llevar las siguientes familias de pistones, tendría que crearse una serie de avisos o notificaciones para poder cumplir con la entrega a tiempo.

En esta última propuesta, aunque con sus contras, sí podría ser una idea muy considerable de implantarse, sin embargo, no se ha dado el siguiente paso debido a que desde el departamento de Logística y sus responsables, no consideran que a día de hoy, se pueda formar a los operarios logísticos de una manera tan técnica, ni de que estos últimos, dentro de su jornada laboral, puedan sacar el tiempo necesario para realizar o comprobar el mix diario (por turno) de producción, ya que estos operarios logísticos sirven a más puestos de montaje de la zona de bajo motor.

5.2.3 Transversalización de la línea 84

Esta propuesta seguramente sea la más adecuada para el flujo continuo, la estandarización, ya que se consigue aumentar la facilidad de realizar muchas diversidades de motores.

Sin embargo, esta idea es con diferencia la más compleja de implantar y seguramente la menos económica. En la figura 5.4 se puede ver de manera gráfica esta propuesta.



Figura 5. 4 Pistones en packs de montaje [Foto interior Renault]

El objetivo es eliminar en todo lo que sea posible el stock a borde de línea, con esta propuesta no habría stock alguno cerca del puesto manual, ya que, tal y como se puede observar e la figura 5.5, las distintas piezas a montar llegarían al puesto en un AGV, que permanecería parado la suma de los tiempos de ciclo que se tarden en realizar las operaciones pertinentes para cada motor según el conjunto de piezas que entran en el AGV. Para el caso de la línea MM84 (gasolina), entran el equivalente a 8 motores por AGV.



Figura 5. 5 Pistones transportados en AGV [Foto interior Renault]

Para poder implantar este nuevo formato de montar los pistones, sería necesario reacondicionar al menos 3 puestos de montaje manual y varias estaciones o máquinas de control.

El procedimiento de montaje que utiliza la línea 84 en comparación con el de la línea 2 es el siguiente:

- Los segmentos que lleva la cabeza del pistón se montan previamente a la unión biela - cabeza pistón en la línea 84, sin embargo, para la línea 2, el procedimiento es el contrario (primero se monta la biela con el pistón y luego se introducen los segmentos, empleando otro puesto de montaje).
- Para la línea 84, las bielas que se unen a las correspondientes dimensiones de las cabezas de pistón vienen ya encicladadas en el kit que transporta el AGV, en cambio para la línea 2, la altura de las bielas que se montan van asociadas a una relación de medidas entre el cigüeñal y el cárter de cilindros, dicha relación se hace gracias a una serie de estaciones previas, una vez la biela está definida es cuando otra máquina calcula la altura de la cabeza de pistón que se debe montar para ese motor.
- Para la línea 84 el operario que monta los pistones no tiene apenas riesgo a equivocarse, debe ir montándolos kit por kit sin necesidad de hacer controles intermedios, mientras que en la línea 2 antes de que el operario finalice la operación, se realizan hasta 12 controles para verificar su correcto estado.

Para conseguir una situación como la de la línea 84 sería necesario contar con un número específico de AGVs y una redistribución de los flujos internos de transporte de la nave de motores 3 para facilitar su movimiento. También sería necesario trasladar de alguna manera, el conjunto de estaciones que determinan la altura específica, tras la lectura de las dimensiones de biela y cárter, de la cabeza del pistón a montar a una zona de preparaciones y también había que redistribuir el flujo de información, ya que tanto el cigüeñal como el cárter de cilindros se seguirían midiendo en la zona de Bajo motor de la línea 2.

Se eliminarían dos puestos de montaje en la línea 2: el que introduce los segmentos en los pistones y el que carga las bielas e introduce los pistones en los mismos, este último es el PM - 90 (protagonista de este proyecto). Por otro lado, también se eliminaría alguna de las tareas que debiera realizar el operario de logística en la zona de bajo motor de línea 2, ya que no tendría que suministrar ningún tipo de pieza.

Sin embargo, hay ciertas operaciones que de un modo u otro se debería seguir realizando, es decir, ya no se realizarían en la línea de montaje, pero sí en la línea de preparaciones (la zona de kitting - picking). Para esta zona se ganaría un puesto de montaje, que se segmentar las cabezas de pistones y de colocar las bielas correspondientes en el kit que posteriormente se introduciría en la línea. El puesto de preparaciones que realiza esta operación para la línea de montaje MM84 se puede ver en la figura 5.6.



Figura 5. 6 Puesto preparación pistón - biela MM84 [Foto interior Renault]

Sería necesario un operario dedicado a esta operación en la zona de preparaciones y en cuanto a la logística, al operario correspondiente se le asignaría la función de repartir las cabezas de pistones y las bielas correspondientes a ese puesto. Si esta propuesta no se ha implementado ya, con las adaptaciones correspondientes de la línea MM84 a la línea K9 2, es debido al presupuesto, a la falta de tiempo para efectuar un trasvase de operaciones a tal escala y a que sería una idea de implantación a largo plazo.

5.2.4 Intercomunicación: reloj – pulsador

Uno de los principales problemas que se han observado a la hora de querer realizar alguna actividad Lean Manufacturing, es la falta de comunicación y/o la realización errónea del trasvase de información entre el puesto manual de la línea de montaje y el operario de logística encargado de suministrar los distintos tipos de piezas a la línea. Coincidiendo con las reuniones de análisis de las distintas propuestas, el departamento de Mejora continua implementó un programa de ayuda a los operarios.

Este programa consiste la implantación de unos pulsadores inalámbricos intercomunicados con relojes. Los pulsadores se encuentran situados en cada puesto de montaje al alcance del operario, estos elementos sirven de llamada al Conductor de la Línea (figura intermedia entre el Jefe de Unidad y el operario encargado de solventar los problemas que surgen rutinariamente en la zona específica que controle de la línea de montaje). Cuando el operario pulsa el botón, al Conductor de Línea (CL) le llega una señal de alarma con la referencia del puesto y el tipo de problema seleccionado por el operario a su reloj, los problemas se dividen en calidad y seguridad.

Cualquier llamada o interacción con esta llamada queda registrado en una página web visible para todo el personal de Renault que se encuentre en la nave. En esa página web interna se pueden extraer datos y gráficos que ayudan a seleccionar aquellos puestos que necesitan de una mayor atención, así como el tiempo que tarde en acudir el Conductor de Línea a cada puesto de montaje que solicite cualquier tipo de ayuda.

La propuesta Lean finalmente seleccionada para su implantación en el PM – 90 Carga de pistones y bielas, se extrae de esta idea de comunicación y usará sus mismas herramientas para reducir la cantidad de stock en el borde de línea. Se expone en el siguiente punto del capítulo.

5.3 Propuesta “Llamada operario logístico – montaje”

La acción Lean que se lleva a cabo, se implanta mediante la realización de un ciclo PDCA, una de las herramientas Lean más comunes y prácticas, este ciclo ya fue comentado en el capítulo 3 de este TFM y se explica gráficamente en la figura 5.7.

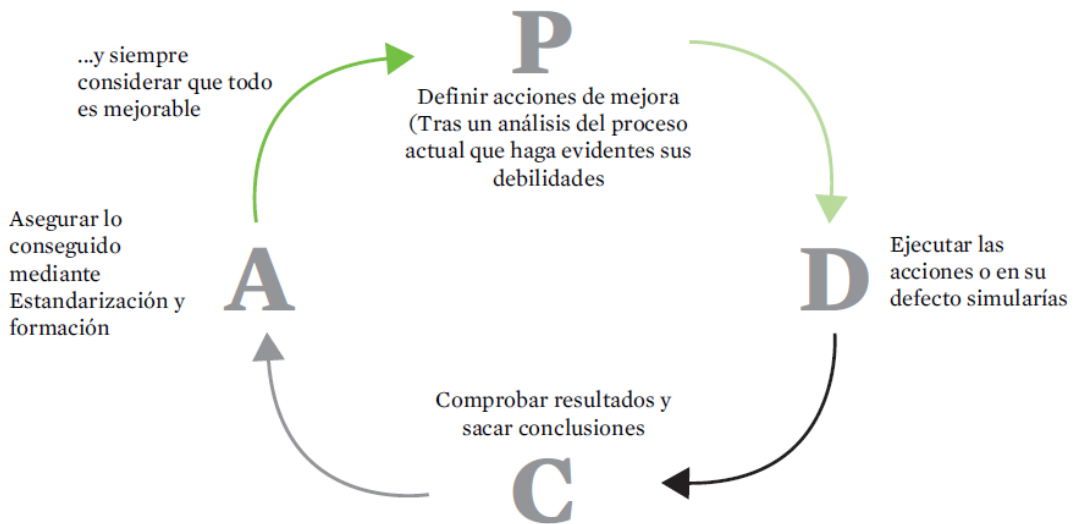


Figura 5. 7 Explicación gráfica ciclo PDCA [Hernández et al., 2013]

5.3.1 Step 0: Plan

La planificación de la propuesta viene dada por un análisis del proceso del PM – 90, distribuido en varias fases:

- **Detección del problema u oportunidad de mejora:** la zona afectada por la excesiva acumulación de stocks intermedios tiene a su alrededor varios pasillos de peatones, uno en particular lleva directamente al despacho del director de Motores 3. Además, esta zona coincide justo con dos entradas/salidas de vestuarios y con una de las puertas de salida/entrada de la nave de motores 3 más frecuentada, es por eso por lo que la visualización del problema es cuanto menos evidente y, dado el alto índice de frecuencia de visitas que se realizan a la nave, es vital realizar una serie de acciones para acabar en la medida de lo

posible con ese stock en el borde de línea y mejorar tanto en imagen, como en el proceso.

- **Lluvia de ideas (Brainstorming):** realizar una lluvia de ideas es una herramienta práctica para conseguir una recopilación de propuestas de grado más o menos viable. Para este caso concreto, al intervenir diferentes departamentos y varias personas, cada una es capaz de dar ideas desde puntos de vista muy diferentes, ampliando aún más cualquier posibilidad de mejora.
- **Selección de la propuesta a aplicar a corto plazo:** de las distintas reuniones que se llevaron a cabo, se escoge como propuesta: Llamada operario logístico – montaje. De esas reuniones sale el piloto y responsable de la implantación (Rubén Raposo), ya comentado anteriormente, el piloto debe marcar los plazos de implantación y seguir el proceso desde el principio hasta el final.
- **Análisis del proceso de fabricación del puesto de montaje:** es necesario realizar un análisis exhaustivo de la situación real del proceso de fabricación, independientemente de lo que marque el papel, la situación real se puede analizar de una forma más precisa si se realiza la observación sobre el terreno. De este análisis se extraen aquellos posibles puntos de mejora o sobre los que actuar.
- **Análisis de los flujos logísticos del operario de logística:** es imprescindible estudiar la viabilidad de cualquier propuesta junto con el otro departamento principalmente implicado en la aplicación Lean: la logística, sin ese acuerdo o implicación cualquier acción sería inviable.
- **Establecer un límite de presupuesto:** refiriéndose al coste de la nueva implantación, se establece un gasto máximo de 1.200€ en material, el coste del personal que realice algún tipo de intervención en dicha aplicación no se incluirá en el límite de gasto de material. Las acciones Lean deben buscar el mínimo gasto posible y la reducción de costes.

5.3.2 Step 1: Do

La fase de implantación se realiza empleando materiales sobrantes o no utilizados aún por parte del programa “Llamada operario” explicado anteriormente en el punto 5.2.4.

Se necesitan dos relojes para los operarios de logísticos y 20 pulsadores, ambos objetos se pueden ver en la figura 5.8. El precio unitario de los mismos es de 54,36€ para el reloj y de 34,85€ para cada pulsador, que harían un total de 805,72€.



Figura 5. 8 Reloj y pulsador “Llamada operario” [Foto interior Renault]

Solamente hay un operario logístico por turno que reparte cabezas de pistones al puesto de montaje y la duración de la batería de los relojes es de 8h, por lo que uno de los relojes debe estar en la muñeca del repartidor y el otro debe estar cargándose en los puestos de carga destinados para ello (figura 5.9).

Cuando finaliza el turno del operario logístico, este trabajador deja el reloj en la zona de carga pertinente y, el nuevo operario, que empieza turno de reparto, coge el otro reloj que lleva 8h en el puesto de carga.



Figura 5. 9 Zona de carga y almacenamiento relojes [Foto interior Renault]

Para los operarios que realizan las operaciones en el puesto de montaje, se les instala un panel con 20 pulsadores, una por cada referencia de pistón posible a montar, se puede ver en la figura 5.10.

Cuando queden menos de una fila de una referencia de cabeza de pistón, esto es el equivalente a 10 BACs y a la posibilidad de montar siempre en el peor de los casos (solamente esa misma referencia) 30 motores, el operario debe pulsar en el panel aquella referencia que está en peligro de quedarse sin stock.

A efectos teóricos, se fabrica un motor cada 0,48 minutos (tiempo de ciclo teórico), sin embargo, ya que para este puesto el rendimiento del proceso es del 74,3% según FOS y que el operario no para de realizar la misma operación salvo que cambie de diversidad, se hace un motor cada 0,36 minutos. Para fabricar 30 motores se tardan como mínimo 10,7 minutos. Es decir, desde que el operario de montaje pulsa en el panel, el operario logístico cuenta con 10 minutos y 42 segundos para recibir el mensaje de advertencia en su reloj, acudir a la zona de logística a por pistones de esa referencia y acercarse a la línea para dejar la referencia. Como medida de seguridad:

- Por precaución se establece un porcentaje de reducción para ese tiempo máximo del 93,5%, quedando finalmente 10 minutos de tiempo límite.

Sin alteraciones en el trabajo del operador logístico, este, una vez recibe la llamada, tarda como mucho 5 minutos en realizar el movimiento de piezas anterior si recibe la llamada en el sitio más lejano a la zona del almacén de logística y si se encuentra inmerso en otra tarea encomendada, ya que no solo se encarga del control de estas piezas. Es decir, dispone del doble de tiempo que se tardaría para llevar los pistones a la línea.

La peor de las situaciones sería que justo cuando el operario logístico esté pendiente de entregar la referencia en peligro de acabarse, se alcance la última fila de otras dos referencias (solamente con algunas diversidades), en tiempos distintos.

El operario de logística podría necesitar de un tiempo cercano a los 15 minutos. Si la línea no quiere pararse, debido a esta situación y para evitar en todo lo posible la posibilidad de que la línea se quede sin cabezas de pistones, se establece otra medida de protección:

- El operario de montaje avisará al operador logístico cuando solamente queden dos filas del contenedor para una referencia en concreto, esto se traduce en 21,4 minutos de tiempo límite o 60 motores de producción con ese rendimiento y tiempo de ciclo, empleando el mismo porcentaje de precaución anterior de 93,5%, se llegan a los 20 minutos como tiempo máximo.

Una vez la estructura de la implantación está clara y, tras realizar las comprobaciones de que la implantación funciona y sacar conclusiones, se debe planificar la formación de los diferentes operarios y de los mandos intermedios de las partes implicadas en el proceso. Para la línea de montaje es necesario formar a los 3 operarios titulares del puesto, a aquellos operarios polivalentes que en casos puntuales ocupan ese puesto, a los Conductores de Línea y a los Jefes de Unidad de la zona de Bajo motor de línea 2, ya que estos últimos deben ser los futuros formadores de los nuevos operarios. Para el caso de la logística,

es necesario formar a los repartidores de esas zonas y a sus suplentes, así como al mando intermedio correspondiente de motores 3.

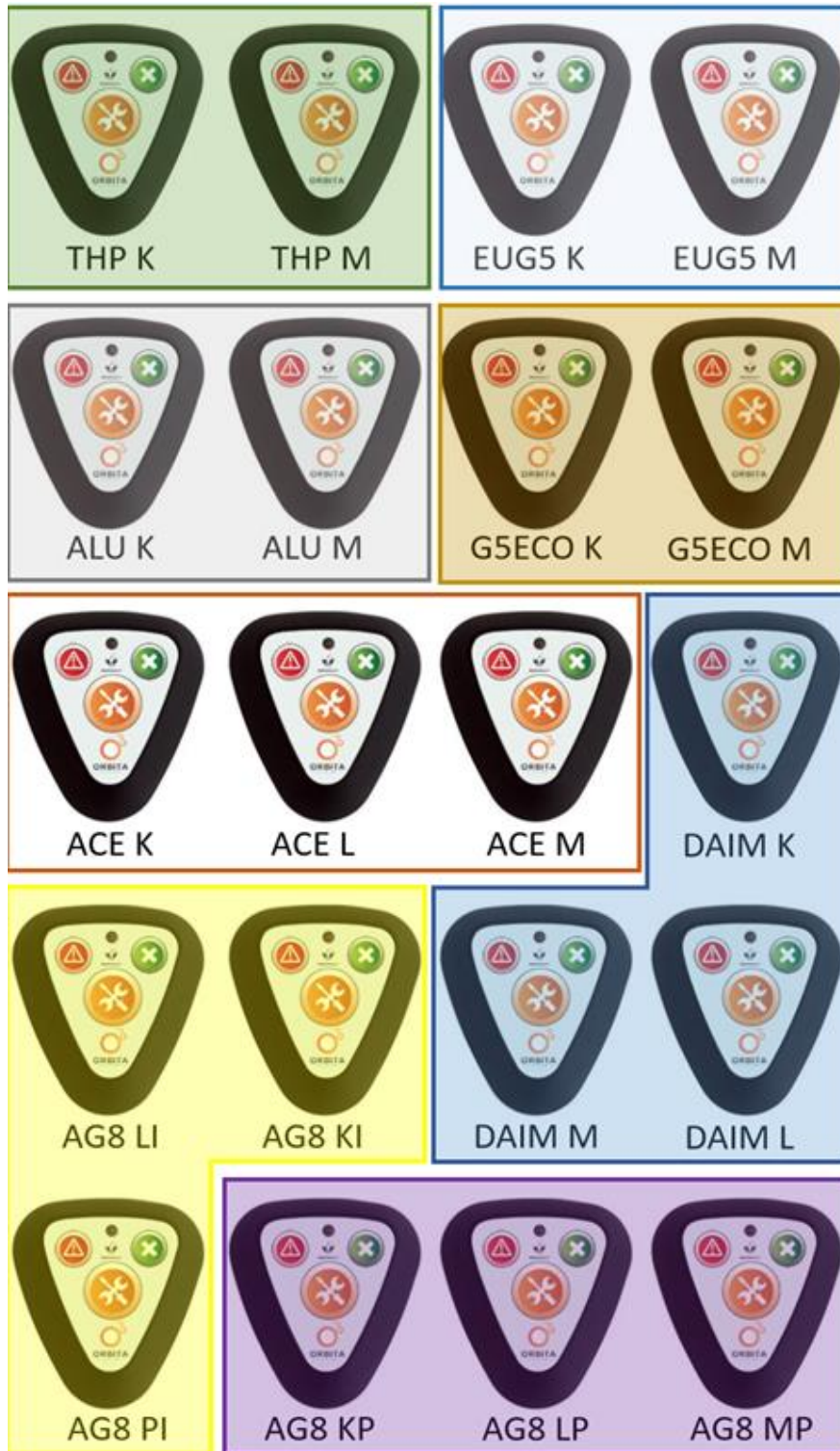


Figura 5. 10 Panel pulsadores por diversidad [Elaboración propia]

5.3.3 Step 2: Check

Para comprobar los resultados el programa de “Llamada operario” ofrece una recopilación de datos almacenados y graficados en un directorio web preestablecido y único para el Grupo Renault.

Gracias a estos datos se puede ver de manera sencilla la efectividad de la acción Lean y, lo que es más interesante, se puede saber qué referencia se consume en mayor o menor cantidad, así como el tiempo que tarda el operario logístico en suministrar piezas demandadas por el puesto manual.

Además, los datos se pueden extraer en función de los turnos de trabajo y función de un rango de tiempo determinado, por lo que, para aquellos operarios que tengan más problemas, se podría realizar una formación más perseverante en una futura etapa.

Al margen de resultados en forma de datos para reforzar y mejorar en la siguiente etapa, las conclusiones más evidentes se deben buscar en base a dos factores muy importantes:

- No parada de línea.
- Reducción de stock a borde de línea.

Si no se produce ninguna parada de línea durante la implantación del nuevo método de reparto de las cabezas de pistones significa que, independientemente de los tiempos que hayan tardado los operarios logísticos, la acción Lean es viable.

Contando con que la reducción de stock a borde de línea es considerable en cuanto a cantidad de carros se refiere, con 5 de media frente a la situación inicial, se ha ganado al stock gran cantidad de área útil para futuras implantaciones, máquinas, o cualquier otra actividad posible para la zona de Bajo motor. En metros cuadrados se ganarían:

- Cada carro ocupa $1,65 \text{ m}^2$ (150cm x110 cm) contando con que cada carro se encuentra a cierta distancia de seguridad de los demás elementos, esta superficie asciende a los $3,5 \text{ m}^2$, al reducir 5 carros se liberan $17,5 \text{ m}^2$ de área.

En cuanto al operario del puesto de montaje este gana en reducción de esfuerzos y ergonomía, ya que no tiene que mover toda la cantidad de carros anterior, ni con la misma rapidez, ya que no es necesario mover tanto como antes.

Por otro lado, desde el punto de vista del operario de montaje se pierde menos tiempo en el cambio de diversidad, ya que no se tiene que recorrer tanto espacio en coger los carros con los BACs llenos de cabezas de pistones, este tiempo que gana se puede emplear en equilibrar las operaciones de montaje para la zona.

Desde el departamento de logística, se consiguen resultados positivos en dos situaciones:

- El operario logístico que suministra las cabezas de pistones y recoge los BACs vacíos de la zona de bajo motor, consigue saber qué tiene que llevar y cuánto tiempo dispone para dejarlo, con esto se ahorra viajes inútiles solamente para observar qué piezas estaban en peligro de acabarse.
- Cuando al operario logístico le toca preparar los carros en la zona del almacén le resulta más cómodo a la hora de seleccionar los carros llenos en el almacén, ya que sabe exactamente qué tiene que preparar y cuánta cantidad.

5.3.4 Step 3: Act

Esta etapa está dirigida a apuntar aquello que se ha mejorado, ya se ha mencionado al final del Step 1 las necesidades formativas que requiere el cambio de mantenimiento de piezas a esta parte de la línea.

Una vez los operarios y los implicados estén formados, se revisan sus nuevos procesos productivos mediante una herramienta denominada OPT (Observación del Puesto de Trabajo), esta evaluación consiste en una plantilla a rellenar por el responsable de los operarios y que se hace solamente a un trabajador, se puede ver en los anexos de este TFM. Esta plantilla está dividida en los siguientes campos:

- Preparación de la observación: sirve para comprobar que la documentación del puesto esté actualizada.
- Observación del respeto a los estándares – observación de lejos: dedicado a la comprobación adecuada de todos los controles y etapas del proceso operatorio que el operario debe realizar según el estándar establecido.
- Análisis del tiempo operatorio: sirve para verificar si el tiempo de ciclo de trabajo del operario se ajusta al estándar y si no fuera así, identificar las causas raíz.
- Observación del respeto a los estándares – observación de cerca: se comprueba in situ, el correcto estado de los estándares a cumplir en el puesto en cuanto a producto, proceso y seguridad.
- Síntesis de la observación: se evalúan los conocimientos del operario y se comparten ideas o propuestas de mejora.
- Observación para la mejora del estándar según el filtro: se realiza la formalización con planes de acción específicos de las acciones de mejora extraídas previamente.
- Acciones inmediatas realizadas: para registrar aquellas actividades de mejora que se han efectuado en el momento.

Una vez todo funcione adecuadamente, se debe volver a empezar el ciclo y mejorar de forma continua.

ESTUDIO ECONÓMICO

6. Estudio económico

6.1 Introducción y participantes

En las líneas siguientes se recoge el estudio de los costes de todos los medios empleados para la concepción, realización, ejecución y redacción de este proyecto, estas fases de realización del proyecto se especificarán en el punto siguiente de este capítulo.

Este proyecto implica a varios departamentos y a varios órdenes jerárquicos con los responsables e implicados de los mismos, estos son:

Tabla 6. 1 Relación departamentos y decisión [Doc. Interna Renault]

Departamento	Implicado(s)	Puesto	Poder de decisión
Montaje	Esther Sanz Martín	Jefa de Taller	Decisión final implantación
	Rubén Raposo Cabello	Becario montaje	Ninguno
Lean	Fernando Israel Sanz	Jefe de Unidad Lean	Decisión intermedia
Logística	María Isabel Lechuga	Responsable flujos internos	Decisión intermedia
Mejora continua	Jorge Lobejón Pérez	Jefe de departamento	Ninguno
	Jacobo Muñoz Pérez	Responsable de informática	Ninguno

El proyecto no puede salir adelante sin la verificación y aceptación del responsable de Lean, ya que es el encargado de que el operario de montaje pueda cumplir con su tiempo de ciclo y con la funcionalidad de los procesos de montaje. Tampoco puede realizarse sin la aceptación del responsable de flujos internos de Logística, ya que esta persona responde que el operario de logística sea capaz de cumplir con sus nuevas funciones.

Finalmente, ningún proyecto, sea del tipo que sea puede dar a luz sin que el jefe de taller de montaje de su visto bueno, por encima de otros poderes de decisión.

6.2 Fases de desarrollo

Las fases de desarrollo de todo el conjunto del desarrollo del Trabajo Final de Máster son realizadas por distintos participantes con su correspondiente grado de responsabilidad y tiempo implicado o dedicado. Estas fases son:

- **Análisis de la realidad:** en esta fase intervienen los miembros del departamento de montaje, aquí se detecta el problema existente de almacenamiento de stock en el borde de la línea por parte del becario de montaje y conforme a la decisión del Jefe de Taller, se centra la futura búsqueda de las oportunidades de mejora en la zona de Bajo motor, al tratarse de la zona con más casos de exceso de stock a borde de línea.
- **Selección de la implantación:** en esta segunda fase de planteamiento y lluvia de ideas intervienen los departamentos de montaje, lean manufacturing y logística. Se recopilan posibles ideas a implantar, el límite presupuestario y se selecciona la que se va a realizar a corto plazo, las reuniones en donde se tratan estos temas son pilotadas por el becario de montaje y participan la responsable de logística y el jefe de unidad lean en distinto grado de implicación.
- **Desarrollo de la implantación:** esta fase es realizada principalmente por el becario de montaje, sin embargo, se necesita de la colaboración puntual del responsable de flujos internos de logística para la comprobación de ciertos elementos de la implantación y aceptar las modificaciones, así como de la ayuda del responsable informático de mejora continua, para que esta ayuda se produzca es necesario que el jefe del departamento de mejora continua ordene a dicho responsable que colabore con el proyecto. Por otro lado, el jefe de unidad de lean debe aceptar los cambios producidos en los procesos de montaje y ejecutar las modificaciones en los documentos de estandarización. Por último, es el puesto del jefe de taller de montaje el que debe aceptar el proyecto en conjunto.
- **Conclusiones y estudios futuros:** se estudian los resultados obtenidos y se abre la posibilidad a más acciones Lean en los puestos implicados y en la opción de transversalizar.

- **Redacción de la memoria:** es realizada por el becario de montaje en su totalidad con la supervisión pertinente del tutor del Trabajo Final de Máster.

La distribución de estas fases a lo largo del tiempo (10 semanas), con su solapamiento contando con que todas ellas están finalizadas se refleja en el diagrama de Gantt de la figura 6.1. Las semanas en la tabla no indican que la duración de las fases se haya producido en las horas laborables de una semana completa, simplemente indica en qué semana del proyecto se han realizado las distintas fases.

Fase Semana	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10
Análisis	■	■								
Selección		■	■							
Desarrollo				■	■	■	■			
Conclusiones							■	■		
Redacción						■	■	■	■	■

Figura 6. 1 Diagrama de Gantt fases del proyecto [Elaboración propia]

Las horas totales que se han empleado en cada una de las fases hasta completar la realización del proyecto en conjunto se calculan sumando las horas necesarias para la ejecución de cada una de las etapas del desarrollo del Trabajo de Fin de Máster. Esta distribución se puede ver en la tabla 6.2.

Tabla 6. 2 Distribución de horas por fase del proyecto [Elaboración propia]

Horas Fase	Análisis	Selección	Desarrollo	Conclusiones	Redacción
Horas	70	135	850	70	125
Total	1250				

6.3 Estudio económico

El coste total del proyecto será la suma de los costes directos e indirectos que hayan tenido cabida en la consecución de este trabajo. Estos se explican como:

- **Costes directos** o variables: son aquellos costes que se asocian de manera directa a la producción o realización del proyecto. Se desglosan aquí los costes de personal, la amortización de los equipos usados y de mantenimiento de las oficinas o salas empleadas.
- **Costes indirectos** o variables: los costes que se no se asocian de forma directa a la producción o realización del proyecto, pero que se producen como consecuencia de este. Se calculan aquí los costes indirectos de climatización o servicios administrativos.

6.3.1 Costes de personal

El porcentaje de tiempo dedicado por cada persona implicada en cualquiera de las fases de este proyecto se puede ver en la tabla

Tabla 6. 3 Relación de participación en el proyecto [Elaboración propia]

Puesto Fase	Análisis	Selección	Desarrollo	Conclusiones	Redacción
Jefa de Taller Montaje	35%	0%	0%	0%	0%
Becario montaje	65%	50%	40%	60%	100%
Jefe de Unidad Lean	0%	15%	10%	0%	0%
Responsable flujos internos Logística	0%	35%	30%	40%	0%
Jefe de departamento Mej. Continua	0%	0%	2%	0%	0%
Responsable Informático	0%	0%	18%	0%	0%

Para conocer el coste total asignado a cada trabajador, se debe calcular con anterioridad:

- Horas efectivas de trabajo anuales.
- Sueldo bruto + incentivos.
- Cotizaciones a la Seguridad Social.

Tabla 6. 4 Cálculo de las horas efectivas anuales [Elaboración propia]

Concepto	Cantidad becario	Cantidad resto
Año medio	365 días	365 días
Sábados y Domingos	104 días	104 días
Días efectivos de vacaciones	0	20 días
Días festivos reconocidos	13 días	13 días
Días perdidos estimados	6 días	6 días
Días perdidos formación	10 días	4 días
Total días efectivos por año	232 días	218 días
Horas de trabajo diarias	8 horas	8 horas
Horas efectivas estimadas	1856 h/año	1744 h/año

Tabla 6. 5 Coste horario por persona implicada [Doc. Interna Renault]

Puesto	Sueldo bruto + incentivos	Seguridad social	Coste total anual	Coste por hora de trabajo
Jefe Taller	40.000 €	10.500 € (35%)	54.000 €	30,96 €
Becario	9.600 €	192 € (2%)	9.792 €	5,28 €
Jefe Lean	36.000 €	12.600 € (35%)	48.600 €	27,87 €
Resp. Logística	20.000 €	7.000 € (35%)	27.000 €	15,48 €
Jefe Mej. Continua	50.000 €	17.500 € (35%)	67.500 €	38,70 €
Informático	20.000 €	7.000 € (35%)	27.000 €	15,48 €

Tabla 6. 6 Cálculo coste personal [Elaboración propia]

Puesto	Coste por hora de trabajo	Horas trabajadas	Coste total
Jefe Taller	30,96 €/h	63,5	1.966,17 €
Becario	5,28 €/h	623,5	3.289,50 €
Jefe Unidad Lean	27,87 €/h	105,25	2.933,00 €
Responsable Logística	15,48 €/h	296,25	4.586,44 €
Jefe Mejora Continua	38,70 €/h	8,5	328,99 €
Informático	15,48 €/h	153	2.368,69 €
Coste total personal		15.472,79 €	

6.3.2 Coste de material

Para conocer el coste total generado de material, el cálculo se dividirá en coste de material informático (incluyendo aquellos elementos de carácter informático que se encuentran permanentemente en el puesto) y coste de material consumible.

Tabla 6. 7 Cálculo del coste del material informático [Elaboración propia]

Concepto	Precio (€)	Amort. (€/año)	Horas año	Coste hora (€/h)	Horas uso	Coste (€)
Pc 1	505	166,7	560	0,3	125	37,2
Pc 2	785	259,1	1250	0,2	165	34,2
Pc 3	1355	447,2	2125	0,2	400	84,2
Software 1	1550	511,5	3935	0,1	1370	178,1
Software 2	25000	8250,0	15000	0,6	595	327,3
Coste total material informático					660,90 €	

Tabla 6. 8 Horas por fase de equipo informático [Elaboración propia]

Horas por fase	Análisis	Selección	Desarrollo	Conclusiones	Redacción
Pc 1	20	10	50	30	15
Pc 2	35	25	25	65	15
Pc 3	45	80	100	80	95
Software 1	20	150	450	250	500
Software 2	30	50	450	65	0
Total	150	315	1075	490	625

Tabla 6. 9 Cálculo coste total materiales consumibles [Elaboración propia]

Elemento	Coste total (€)
Papeles de impresora	12,00 €
Tóneres de impresora	56,50 €
Material de kaizen	23,75 €
Reloj (2 uds)	108,72 €
Pulsadores (20 uds)	697,00 €
Otros	15,00 €
Coste total materiales consumibles	912,97 €

Se verifica que el coste de material, tanto consumible como informático, queda lejos de esos 1.200 € que se establecieron como límite presupuestario para el material. Con estos datos de costes de material y de personal, se pueden calcular los costes totales directos del proyecto, se pueden ver en la tabla 6.10.

Tabla 6. 10 Cálculo de costes directos totales [Elaboración propia]

Tipo de coste	Cantidad
Coste personal	15.472,79 €
Coste total material informático	660,90 €
Coste total materiales consumibles	912,97 €
Coste directo total	17.046,65 €

Ahora faltaría realizar el cálculo de los costes indirectos asociados de manera indirecta a la realización de este proyecto (figura 6.11).

Tabla 6. 11 Cálculo de costes indirectos totales [Elaboración propia]

Concepto	Importe
Limpieza de oficina	790 €
Iluminación	895 €
Electricidad	2.100 €
Calefacción y climatización	875 €
Dirección y servicios administrativos	695 €
Total Costes indirectos	5.355 €
Coste indirecto por hora	4,3 €

6.4 Costes asignados a cada fase del proyecto

En este punto se calculará el coste asociado a cada fase del proyecto, teniendo en cuenta los costes horarios anteriormente calculados y la distribución de los costes de personal y de material consumible en función de su utilización en las distintas etapas.

Tabla 6. 12 Cálculo coste por fase [Elaboración propia]

Concepto	Análisis	Selección	Desarrollo	Conclusión	Redacción
Coste personal	908,7 €	1.651,9 €	11.597,5 €	655,1 €	659,5 €
Coste material informático	41,8 €	72,0 €	347,1 €	107,5 €	92,6 €
Coste material consumible	0,0 €	273,9 €	593,4 €	45,6 €	0,0 €
Coste indirecto	299,88	578,34	3641,4	299,88	535,5
Coste total fase	1.250,4 €	2.576,2 €	16.179,5 €	1.108,1 €	1.287,5 €

6.5 Cálculo del coste total

Por último, se puede calcular el coste total del proyecto de dos maneras diferentes, pero con mismo resultado, una es mediante la suma del coste de cada fase, mientras que la otra es sumando la totalidad de los costes directos e indirectos. Finalmente se tiene un coste de 22.401,65 €

Tabla 6. 13 Comparativa coste del proyecto total [Elaboración propia]

Fase	Coste	Tipo de coste	Coste
Análisis	1.250,40 €	Directo	17.046,65 €
Selección	2.576,15 €	Indirecto	5.355,00 €
Desarrollo	16.179,48 €		
Conclusiones	1.108,08 €		
Redacción	1.287,54 €		
Coste total proyecto	22.401,65 €	Coste total proyecto	22.401,65 €

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

7. Conclusiones y Trabajos futuros

7.1 Conclusiones

El Grupo Renault junto con sus aliados ocupa el primer puesto en la venta de vehículos a nivel mundial, mejorando sus resultados casi año tras año, posee sedes o fábricas en cada continente y expande sus territorios continuamente, en España da trabajo a alrededor de 15.000 personas de manera directa, cifra a la que habría que sumar los trabajadores de empresas auxiliares, siendo una de las empresas que más trabajo genera en España.

La filosofía de Lean Manufacturing en el Grupo Renault lleva varios años promoviendo una cultura de ahorro en costes, de mejora en la realización de los procesos de fabricación, fomentando el compañerismo y las relaciones personales en los grupos de trabajo y en los diferentes equipos, generando en conjunto valor, calidad, producción y seguridad.

Tanto es así, que incluso el Grupo Renault cuenta con una Escuela Lean, que en Valladolid tiene convenio con la Universidad de Valladolid (Uva), varios profesores de este Máster Oficial de Logística forman parte de ella e imparten clase a los alumnos y de sus clases, nace la oportunidad de realizar este proyecto.

A pesar de llevar muchos años con esta filosofía Lean, e incluso promocionándola dando valor en sus anuncios publicitarios de venta de vehículos, se tiene aún un largo camino por recorrer, esta aplicación Lean concreta para el puesto de montaje de una de las líneas de producción de motores más importante del mundo es la prueba de ello.

Tras analizar la situación del puesto de montaje, ver en qué punto del sistema Lean puede estar, los proyectos ya efectuados en el puesto, etc. Se extraen las necesidades del puesto de montaje, esta acción es muy importante y vital para luego emplear las herramientas Lean y que tengan éxito.

Una vez escogido el proyecto de implementación para el puesto de montaje, se entiende la necesidad de que varios departamentos con diferentes puntos de vista colaboren en el mismo trabajo, no se pueden obtener buenos resultados si no se cuenta con la confianza de todas las partes implicadas. En cuanto a resultados concretos se refiere se concluye que con este tipo de acción concreta al menos se genera:

- Una ganancia de **área útil** para futuros trabajos, máquinas o distintas implantaciones o creaciones para esa zona de la línea de producción de Motores 3.
- También se reduce la **cantidad de stock** almacenado en el borde de línea de la cadena de montaje, este es uno de los principales desperdicios que la filosofía y las acciones del Lean Manufacturing pretenden eliminar.
- Otra ganancia conseguida es la de la inteligencia de los **movimientos** del operario logístico, es decir, que los movimientos que el operario debe hacer para traer y recoger piezas o contenedores del puesto de montaje sean útiles, se consigue una reducción de las visitas al puesto solamente para ver qué tiene que recoger y qué tiene que llevar.
- De cara al operario de montaje, se genera por un lado **seguridad**, ya que se reduce el número de obstáculos (carros) cerca de su zona de trabajo, haciendo así más fácil una posible evacuación. Por otro lado, se mejora en **ergonomía** y por lo tanto mejora la salud del operario, ya que no tiene que empujar y mover tanta cantidad de carros.
- En cuanto a la parte de ganancia de **producción**, principalmente se ve afectado al operario de montaje, ya que ahora, el tiempo que invertía en trasladar carros de un sitio a otro lo puede emplear en realizar las operaciones de montaje del motor.
- **Imagen**: el orden y la adecuación de los puestos de trabajo es una de las principales premisas del Lean Manufacturing, para este puesto de montaje en concreto, se reduce notablemente el parque de carros parados, mejorando el entorno y por lo tanto la imagen de la zona, que de cara a las visitas externas es algo fundamental.

7.2 Trabajos futuros

Esta aplicación es un paso intermedio para conseguir más acciones Lean tanto en el puesto de montaje como para los demás puestos de montaje circundantes a este.

Debe ser usado como el banco de ensayos de un experimento, es decir, esta acción se puede transversalizar a gran parte de los demás puestos de montaje de su zona o de su línea e incluso, puede llegar a las demás líneas de montaje de Motores 3.

Una acción futura concreta puede ser la de sustituir el panel con los pulsadores por una pantalla asociada a un miniordenador, dando a su vez más posibilidades de programación para mostrar en la pantalla o incluso, llegar a usar ese miniordenador para mostrar las distintas etapas de montaje del puesto o el tiempo para el cambio de diversidad, multiplicando el parámetro de opciones.

Otra acción futura y necesaria es la de sincronizar el movimiento de los flujos de mantenimiento del operario logístico para su zona asignada, para lo que habría que implementar sistemas similares al usado para el puesto de montaje actual en los demás puestos de la zona y, necesariamente, programarlos y sincronizarlos para que la información al operario de logística le llegue lo más sencillamente posible.

Al margen de cualquier resultado obtenido en cualquier término de producción, calidad, tiempos, proceso, ... O de cualquier proyecto futuro, se evidencia la necesidad imperiosa de enseñar la filosofía Lean en esa zona de la cadena de montaje, es decir, el hecho de haber creado una base Lean, una conciencia de mejora para el futuro es, sin duda alguna, el mejor resultado posible de este proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

8. Bibliografía

8.1 Referencias web

- [W-A] Alianza <https://www.alliance-2022.com/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-B] Datsun <https://www.datsun.com/customer-service/faq.html>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-C] Venucia <https://www.venucia.com/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-D] <https://www.infiniti.com/>
- [W-E] Alpine <https://www.alpinecars.com/en/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-F] Lada <https://www.lada.ru/en/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-G] Samsung <https://group.renault.com/en/our-company/our-brands/renault-samsung-motors/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-H] Dacia <https://group.renault.com/en/our-company/our-brands/dacia/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-I] Mitsubishi <https://www.mitsubishi-motors.com/en/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-J] Nissan <https://www.nissan.es/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-K] Group Renault <https://group.renault.com/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-L] Renault España <https://www.renault.es/>
Última vez visitada: 13/07/2019
- [W-M] Google Maps <https://www.google.com/maps/>
Última vez visitada: 13/07/2019

8.2 Referencias bibliográficas

- Centro Español de Logística (CEL), 2007: “Revista Logicel Nº 57”
- Ignacio Hoyuelos de Renault Consulting, 2015: “Sistemas Lean”
- Juan Carlos Hernández Matías y Antonio Vizán Idoipe, 2013: “Lean Manufacturing, Conceptos Técnicas e implantación”

Trabajo Final de Máster realizado por:

Rubén Raposo Cabello

