



Universidad de Valladolid



**ESCUELA DE INGENIERÍAS
INDUSTRIALES**

UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES

Grado en Ingeniería Mecánica

**Proyecto LEAN para mejora de las líneas
de mecanizado de piezas cilíndricas**

Autor:

Sebastián Rodríguez, David

Tutores:

**Delgado Urrecho, Javier
Ingeniería de los Procesos de
Fabricación**

**Baños Virto, Luis Miguel
Tutor de Renault**

Valladolid, Julio de 2019.

Quiero mostrar mi agradecimiento a:

A mis padres por darme la oportunidad de realizar los estudios que desde pequeño me han apasionado.

A mi tutor, Javier Delgado Urrecho, por seguir mi evolución en la realización de este TFG y prestarme su ayuda con lo que he necesitado.

A mi tutor en Renault, Luis Miguel Baños Virto, por facilitarme los medios para llevar a cabo este trabajo y darme consejos sobre el camino a seguir.

A mis compañeros de trabajo con los que compartido momentos muy valiosos para mi formación.

A la Universidad de Valladolid por ofrecerme la formación necesaria para desarrollar una vida laboral de forma eficaz.

Resumen y palabras clave

En el presente TFG se van a exponer los principios y las herramientas del Lean-Manufacturing que se describen en la primera parte del trabajo y su aplicación en dos casos reales dentro de la factoría de Renault Motores de Valladolid.

En el primer caso se va a estudiar los desplazamientos innecesarios que generan valor no añadido del puesto de trabajo y su posible solución mediante la implementación de un robot autónomo de transporte (AGV). Para lo cual se ha diseñado el recorrido para el robot dentro del taller de árboles de levas consiguiendo el objetivo del estudio.

El segundo caso se centra en mejorar el nivel de sincronización de las líneas de mecanizado con su cliente interno (Montaje-Motor) y este desfase ha generado un aumento de stock de piezas acabadas. Mediante la creación de un flujo directo se consigue una mejora de la sincronización y la consecuente reducción de stock.

Palabras clave: Lean-Manufacturing, AGV, Observación continua, Lead-Time y Lay-Out.

Índice de contenidos

Introducción y objetivos	1
1. Historia de la fábrica	1
2. Objetivos	2
Glosario	3
Lean-Manufacturing.....	5
1. Introducción	5
2. Pilares y herramientas del LEAN	6
3. Método Toyota	7
4. 5s	8
5. Qué se entiende por valor no añadido	9
Aplicación de las técnicas LEAN: Automatización del transporte de herramienta.....	11
1. Descripción de los puestos a estudiar.....	11
2. Estudio de la problemática	11
3. Diseño del circuito	14
4. Adecuación de estanterías portaherramientas	15
5. Mejoras obtenidas	17
Aplicación de las técnicas LEAN: Flujo directo árboles de levas	21
1. Situación de partida	21
2. Plan de acción	22
3. Diseño del Lay-Out.....	24
4. Modos de funcionamiento.....	27
5. Resultados obtenidos.....	30
Conclusiones	33
Bibliografía	35

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1.- Vista aérea de la factoría de Renault Motores de Valladolid (Fuente: Renault Internal).....	1
Ilustración 2.- Esquema de casa Método Toyota (Fuente: [8]).....	8
Ilustración 3.- Diagrama 5S (Fuente: www.vitis-lean.com)	9
Ilustración 4.- Recorrido operario CGO.....	12
Ilustración 5.- Recorrido del AGV.....	14
Ilustración 6.- Base rodante AGV	15
Ilustración 7.- Estantería herramientas	15
Ilustración 8.- Ventana ergonómica (Fuente: Renault Internal)	16
Ilustración 9.- AGV con estantería	17
Ilustración 10.- Lay-Out zona de mecanizado.....	25
Ilustración 11.- Lay-Out zona logística	26
Ilustración 12.- MDF normal mecanizado EU5	27
Ilustración 13.- MDF normal logística EU5.....	28
Ilustración 14.- MDF cambio de ráfaga logístico.....	29
Ilustración 15.- Diagrama de flujo.....	31

Índice de gráficas

Gráfica 1.- Observación continua operario CGO.....	12
Gráfica 2.- Mejora operario CGO	18
Gráfica 3.- Observación al operario de la sala de medición	19
Gráfica 4.- Mejora el tiempo del operario de la sala de medición	19
Gráfica 5.- Volumen de motores producidos (Fuente: Renault Intenal)	21
Gráfica 6.- Consumo de clientes de piezas acabadas	23

Introducción y objetivos

El presente trabajo se va a desarrollar en el entorno de la nave de Motores 2 de la fábrica de *Renault Motores* de Valladolid y específicamente en el taller de árbol de levas. Este taller cuenta con cuatro líneas de mecanizado que en conjunto consiguen una producción de algo más de 10.000 árboles de levas al día.

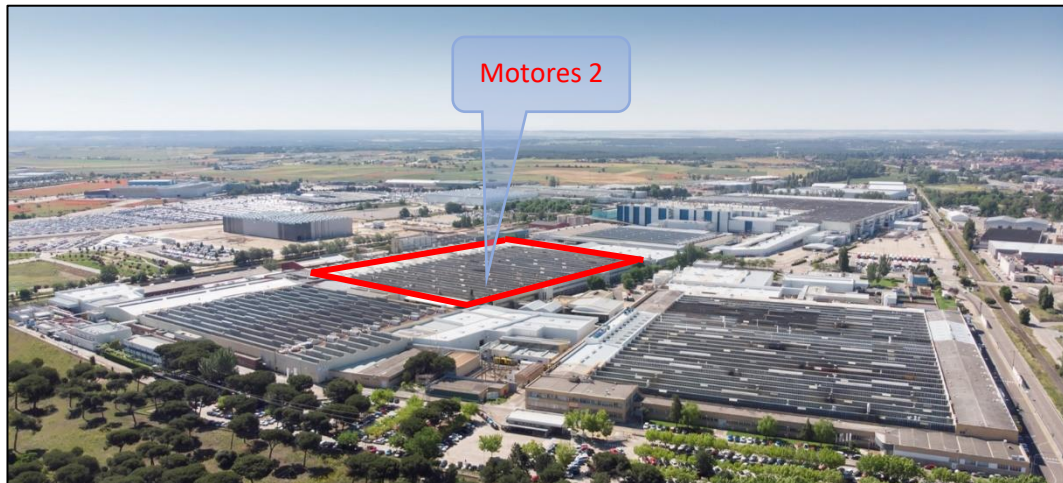


Ilustración 1.- Vista aérea de la factoría de Renault Motores de Valladolid (Fuente: Renault Internal)

1. Historia de la fábrica

La creación de la factoría por parte del ingeniero Manuel Jiménez-Alfaro no fue para nada sencilla debido a las múltiples trabas que el gobierno le ponía, pero a pesar de todo, y gracias al aporte de capital local, en 1951 consigue crear la sociedad FASA (Fabricación de Automóviles, S.A.). Entre las múltiples razones para establecerla en Valladolid, sobresale la buena comunicación ferroviaria y el hecho de que ya había construidas naves industriales de tamaño suficiente para albergar varios talleres. [1]

Es en el verano de 1953 cuando comienzan a desfilar por las calles de Valladolid las primeras unidades del 4CV. Hasta el año 1965 fueron apareciendo en España los modelos de la casa francesa. Y ese mismo año, RESA (Renault España S.A.) y FASA constituyen la nueva sociedad bajo el nombre de FASA-Renault a la que se unieron FACSA-Renault de carrocerías y FAMESA-Renault de motores. Es en esta década cuando la fábrica experimentó un crecimiento muy alto, ya que de 400 trabajadores pasó a tener más de 14.000. A partir de ese momento la ciudad pasó de tener un carácter rural y provinciano a una ciudad industrial de la que salían el 20% de los vehículos de España. [2]

La expansión de la factoría continuó y en 2004 alcanzó la cifra significativa de un millón de motores fabricados al año, ascendiendo hasta el millón y medio en 2017. [3]

En la actualidad la fábrica no solo monta motores para la firma francesa, sino que el 78% de los motores ensamblados se exporta, motorizando a marcas como Nissan, Dacia, Daimler y Samsung.

A lo largo de su historia la empresa ha invertido en mejora continua de procesos, aseguramiento de la calidad y seguridad laboral, con ello se ha convertido en un referente de producción en el sector. Actualmente en todos los departamentos de la fábrica se han creado equipos de mejora continua encargados de llevar a cabo las técnicas Lean-Manufacturing para mejora de procesos. En base a ello se plantea el siguiente trabajo.

2. Objetivos

Este trabajo propone que mediante la aplicación de técnicas Lean se puede conseguir una mayor eficiencia en los talleres de mecanizado de árboles de levas de la fábrica de Renault Motores Valladolid, en el que se han detectado dos puntos críticos:

El primer objetivo del trabajo es reducir el tiempo de desplazamiento improductivo de un operario en el taller. Y así reducir el valor no añadido que está generando.

El segundo objetivo es mejorar el nivel de sincronización entre la línea 3 de árboles de levas y Montaje-Motor (Cliente interno). Para poder reaccionar a tiempo ante la demanda del cliente.

Glosario

En este apartado se exponen las siglas más utilizadas en el orden de aparición dentro de este trabajo:

- **JIT:** Just In Time.
- **TPS:** Toyota Production System.
- **CGO:** Centre Gestion d'Outils.
- **AGV:** Automatic Guided Vehicle.
- **TPNC:** Tratamiento de piezas no conformes, procedimiento que se lleva a cabo cuando se detecta algún fallo en un motor.
- **Kitting:** Zona intermedia entre las líneas de mecanizado y las líneas de Montaje-Motor donde se colocan varias piezas en un kit para luego ser ensambladas en el motor.
- **JU:** Jefe de Unidad.
- **RQA:** Responsable de calidad.
- **MDF:** Modos de funcionamiento, hacen referencia a cómo se debe actuar en diferentes situaciones.



Lean-Manufacturing

1. Introducción

El Lean-Manufacturing es un sistema de identificación y eliminación de “desperdicios” o elementos que no aportan valor productivo, pero implican tiempo y dinero, y está compuesto por diferentes herramientas, tales como JIT (Just In Time, Justo a tiempo), Kaizen (Mejora continua) o Poka-Yoke (Pasa o no pasa). Estos desperdicios son:

- La sobreproducción: utilizada para cubrir posibles demandas de clientes o debido a una mala planificación.
- Los tiempos de espera: referidos a máquinas o personas paradas ocasionando una disminución de la productividad y un aumento del tiempo de fabricación (Lead-Time).
- Transporte: movimiento innecesario de piezas o personas causado por una mala distribución en fábrica, lo que genera un aumento de costes (Valor no añadido).
- Sobreprocesamientos: tareas duplicadas o mala utilización de las herramientas.
- Inventarios: stocks de piezas acabadas o materia prima. El stock innecesario puede ser fruto de falta de fiabilidad, falta de calidad o falta de planificación. [4]

El objetivo del Lean es eliminar esos desperdicios para aumentar la satisfacción del cliente, reducir costes y aumentar la calidad de la producción.

El sistema Lean-Manufacturing tiene como origen el sistema productivo usado después de la segunda Guerra Mundial en la fábrica de automóviles de Toyota Motor Company en Japón por Eiji Toyoda y Taiichi Ohno. Después de haber visitado la fábrica de automóviles de Ford en EE.UU., Eijy Toyoda concluyó que la producción en masa que había visto en Ford no iba a funcionar en Japón y así es como nace el “Toyota Production System” (TPS).

Definir Lean-Manufacturing es muy complejo ya que puede ser diferente dependiendo del ámbito en que se utilice. Norman Bodek lo intenta definir como “el esfuerzo incansable y continuo para crear empresas más efectivas innovadoras y eficientes”. En definitiva, es la filosofía de trabajo de una empresa que radica en mejorar continuamente el modo de trabajar para conseguir una optimización del sistema. Dentro de esta filosofía debe entrar la idea de que el cambio de producto debe ir ligada con el cambio del mercado.

En este trabajo nos centramos en la eliminación del valor no añadido por desplazamientos innecesarios y en la sincronización del productor y el cliente, en este caso las líneas de mecanizado (Productor) y Montaje-Motor (Cliente).

2. Pilares y herramientas del LEAN

Los pilares sobre los que sustenta el LEAN son cinco:

- Calidad a la primera: eliminación de defectos.
- Eliminación de todas las actividades que no son de valor añadido.
- Mejora continua.
- Procesos "pull": el cliente tira de la producción y no es la producción la que empuja al cliente.
- Flexibilidad de producción de diferentes variedades sin sacrificar eficiencia reduciendo el volumen de producción.
- Crear y mantener una relación a largo plazo con los proveedores y para ello se debe llegar a acuerdos para compartir el riesgo, los costes y la información. [5]

Para cimentar estos pilares se deben utilizar las herramientas correctas, las cuales se pueden agrupar en tres campos: [6]

- ✓ Eliminación de despilfarros y mejora de la velocidad:
 - Flujo continuo: Balanceo de líneas.
 - Técnica SMED: Single-Minute Exchange of Dies, quiere decir que los cambios de herramienta o formato para pasar a otro modelo se pueden hacer en menos de diez minutos.
 - Kanban o también denominado sistema de tarjetas, ya que mediante una tarjeta se visualiza que se debe hacer con un contenedor.
 - Diseño de Layout: referida a la disposición física de los elementos del sistema productivo.
 - 5s, acrónimo de cinco palabras japonesas Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina), que busca la mejora de las condiciones de los puestos de trabajo.

- ✓ Eliminación de variabilidad y aumento de la calidad:
 - Seis Sigma: término acuñado por el ingeniero Bill Smith que se refiere a un método que pretende resolver los problemas antes de que sucedan.
 - Poka-Yoke: sistema de control de calidad mediante la prueba del “Pasa-No pasa”.
 - Solución de problemas.
 - Herramientas estadísticas.
 - Estandarización del trabajo.

- ✓ Entrega logística:
 - Kanban.
 - Heijunka: permite amortiguar las variaciones de la demanda del cliente.
 - Teoría de restricciones.

3. Método Toyota

El método Toyota se basa en la respuesta a dos preguntas: ¿Qué pasaría si un empresario fabricara sin defectos? ¿Qué pasaría si los empleados de ese empresario asumieran como meta personal fabricar sin defectos?

Kiichiro Toyoda, quiso dar respuesta a esas dos preguntas y juntos con sus empleados crearon lo que hoy se conoce como TPS (Toyota Production System). Es un método en el que el factor humano es fundamental y que busca la excelencia en todos los ámbitos.

Los pilares sobre los que descansa este método son: JIT, Jidoka y Kaizen. El JIT asegura que el cliente que compra un producto lo recibirá tal cual lo quiere en el menor tiempo posible. Jidoka se refiere a la automatización con el soporte humano, es decir, colocar las máquinas en el orden en que se utilizan y especializar al operario en la utilización de esas máquinas. Y finalmente el Kaizen se centra en analizar y eliminar todo aquello que no genera valor productivo. [7]

El método Toyota se suele representar en un esquema que recuerda a una casa, como se aprecia en la Ilustración 2.

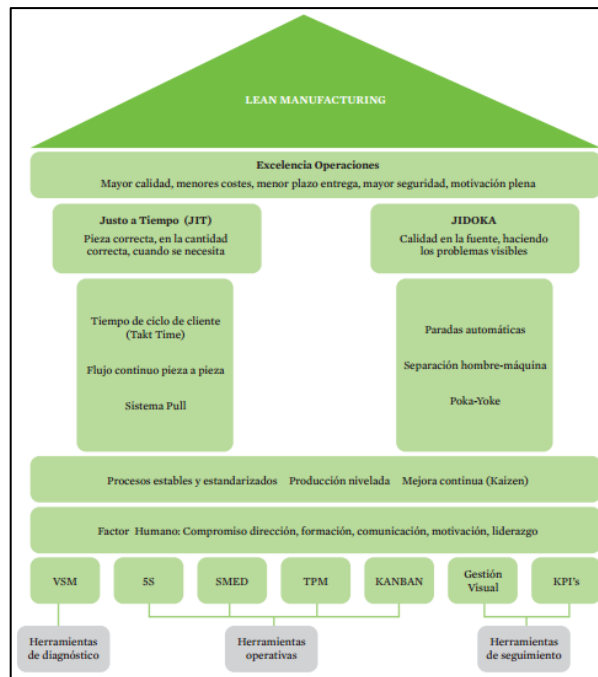


Ilustración 2.- Esquema de casa Método Toyota (Fuente: [8])

En la base se encuentran los pilares ya mencionados sobre los que descansa la cultura, que se resumen en estandarizar y estabilizar los procesos. Tradicionalmente se le añade el factor humano, el cual es clave para la implementación de la filosofía LEAN. En el techo de la casa se encuentran los objetivos o metas que se quieren alcanzar, también llamados “Want to Be” (WtB). Como conexión entre los pilares y el techo se encuentran las herramientas. Este esquema tiende a ser flexible dependiendo de la situación, pero sirve como buena representación gráfica del método. [9]

4. 5s

Esta técnica ayuda a la mejora de las condiciones de trabajo de la empresa a través de la organización, el orden y la limpieza en el puesto de trabajo. Los beneficios que aportan incluyen la detección de problemas a tiempo y estándares claros. El acrónimo hace referencia las iniciales en japonés de cinco palabras que son: Seiri (Clasificar), Seiton (Ordenar), Seiso (Limpiar), Seiketsu (Estandarizar) y Shitsuke (Disciplina).

En la Ilustración 3 se ve que las cinco palabras van encadenadas, si no obtienes un objetivo no puedes acceder a otro.



Ilustración 3.- Diagrama 5S (Fuente: www.vitis-lean.com)

Los beneficios que se obtienen de la aplicación de esta técnica son muy variados: [10]

- ✓ Mayor productividad que se traduce en:
 - Menos productos defectuosos.
 - Menos averías.
 - Menor nivel de existencias o inventarios.
 - Menos accidentes.
 - Menos movimientos y traslados inútiles.

- ✓ Mejorar el lugar de trabajo, puesto que conseguimos:
 - Más espacio.
 - Mejor imagen ante nuestros clientes.
 - Mayor cooperación y trabajo en equipo.
 - Mayor compromiso y responsabilidad en las tareas.
 - Mayor conocimiento del puesto.

5. Qué se entiende por valor no añadido

Comenzaremos definiendo lo contrario, es decir, que es el valor añadido de un producto. Es un concepto subjetivo que engloba todo lo que aportamos además a un producto para que el cliente final elija nuestro producto en lugar de otros similares del mercado. Por ejemplo, el servicio postventa de nuestro producto, esto se considera un elemento positivo. Sin embargo, el aumento de precio del producto final, el cliente lo interpreta como elemento negativo de nuestro producto. [11]



Una vez visto lo que se entiende por valor añadido de un producto, es fácil ver que será el valor no añadido de un producto.

Esto es, todo lo que realizamos con nuestro producto que aumenta el coste, pero que el cliente final no percibe. Puede ser, horas extras de los trabajadores para finalizar sus tareas, desplazamientos que realiza en vacío, maniobras innecesarias, etc. o en el caso de calidad, duplicar mediciones sobre cotas terminadas aportando una sobrequalidad innecesaria.

Aplicación de las técnicas LEAN: Automatización del transporte de herramienta

1. Descripción de los puestos a estudiar

El CGO (Centre Gestion d'Outils) se encarga de la reparación, mantenimiento y puesta a punto de las herramientas de las máquinas asignadas. Para el desarrollo del trabajo debe recoger las herramientas a reparar y trasladarlas a su mesa de trabajo y una vez allí ha de realizar las tareas correspondientes.

En el esquema actual de la fábrica que nos ocupa, hay un CGO por cada taller, aunque dependiendo del número de máquinas del taller puede haber más.

No en todos los esquemas productivos del sector existe la figura del CGO, pero en las estructuras en las que se incluye, la importancia es clara, ya que de él depende el correcto funcionamiento de las líneas de producción sin paradas por averías o falta de calidad.

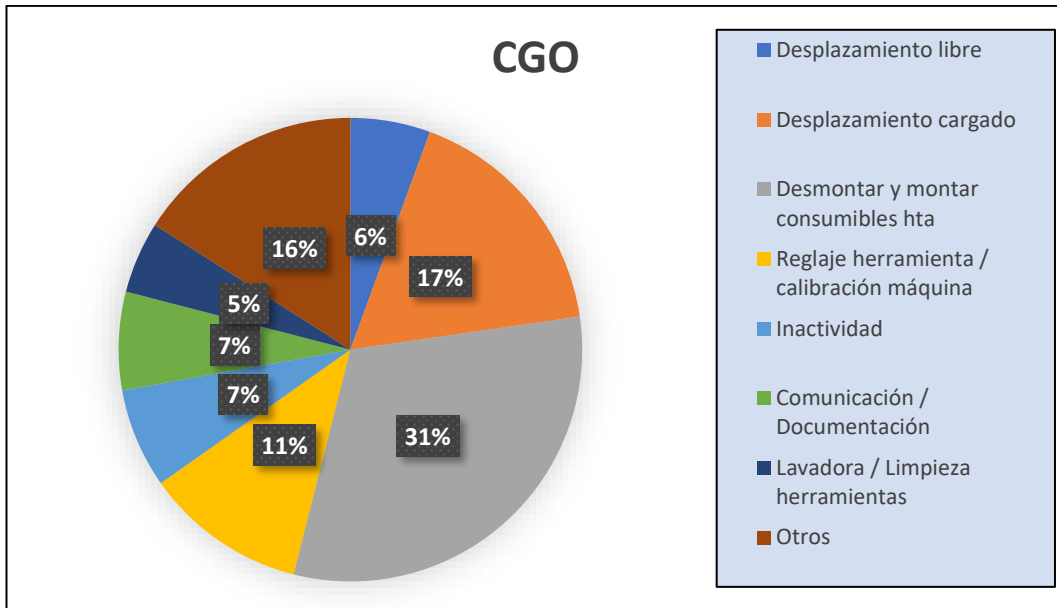
El operario que realiza las mediciones de nivel 3 se encarga de verificar las cotas finales de las piezas en el proceso productivo. Esta medición puede ser realizada cuando la pieza está acabada o en algún punto intermedio del proceso, siempre que esa cota no sea modificada en las operaciones siguientes. Adicionalmente el operario del taller de árbol de levas realiza mediciones de nivel 1.

Por este motivo se considera fundamental la optimización del trabajo y de los tiempos, en ambos puestos.

Para este caso, el taller de árbol de levas está compuesto por las líneas 7, 8, 6 y 3, y hay una única persona asignada a cada puesto descrito.

2. Estudio de la problemática

Se ha utilizado el método de “observaciones continuas” para el análisis de tiempos del operario del CGO. Esta observación ha permitido detectar que el tiempo en desplazamientos es elevado.



Gráfica 1.- Observación continua operario CGO

En la Gráfica 1 se puede observar la distribución porcentual de tiempos de la jornada laboral del operario. En ella se evidencia un 23% de tiempo no productivo que utiliza en moverse de su puesto de trabajo realizando “Desplazamiento libre y desplazamiento cargado”. Y el tiempo empleado en realizar las tareas propias de su puesto supone sólo un 47%, esto es “Desmontar y montar consumibles, reglaje de herramienta y limpieza de herramienta”.

En la Ilustración 4 se puede ver el esquema del recorrido del operario:

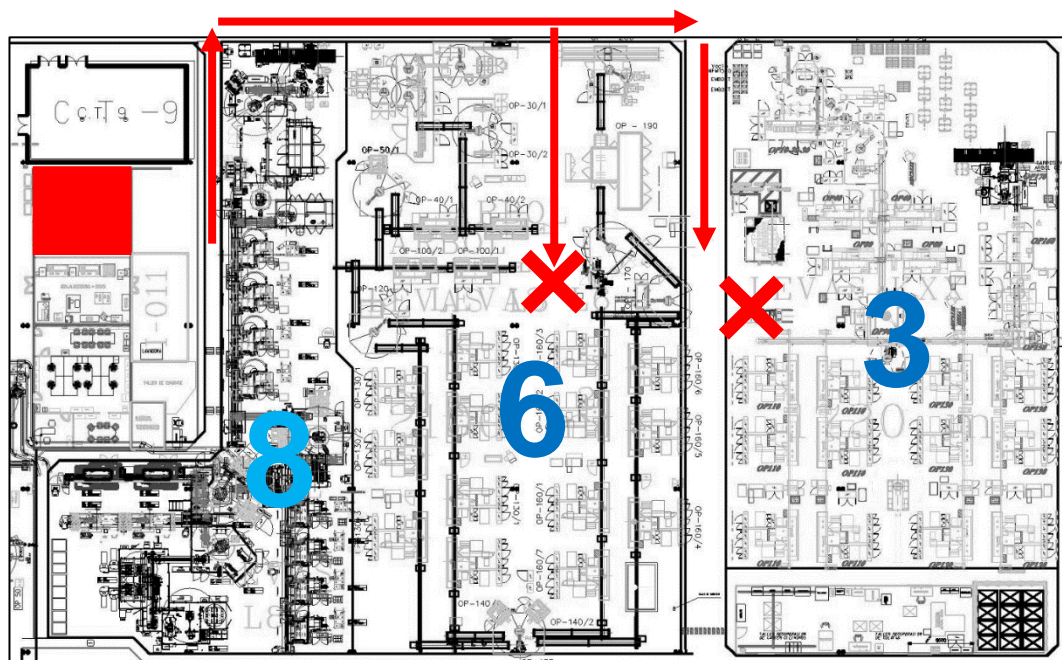


Ilustración 4.- Recorrido operario CGO



La distancia que recorre es de 200m desde el rectángulo rojo, que representa la sala CGO o puesto de trabajo, hasta el punto donde recoge las cestas de herramientas que tiene que reglar representado por la “X”, este trayecto es el denominado “Desplazamiento libre”. Y el trayecto inverso de otros 200m, es el denominado “Desplazamiento cargado”.

Tras analizar la problemática, se planteó la posible implantación de un robot autónomo de transporte (AGV) que acercara la herramienta de las líneas más alejadas de su puesto de trabajo, en concreto las líneas 3 y 6.

Como consecuencia del análisis, se observó un problema similar en el caso del operario que realiza las mediciones de nivel 3 (Cotas Acabadas), ya que tenía que realizar un recorrido similar al del operario del CGO, puesto que ambos lugares de trabajo están juntos. Aprovechando la solución dada para el caso del CGO se planteó la posibilidad de colocar una estantería especial para llevar las piezas que debe medir en el mismo AGV. De esta forma se acortan los tiempos improductivos de ambos operarios con un único trayecto del robot.

Viendo la efectividad teórica de la medida, se llegó a plantear que todas las líneas montaran sus herramientas en el AGV, sin embargo, se descartó rápidamente ya que la suma de los tiempos de los operarios de las líneas lo hacía ineficiente. Por tanto, la solución se plantea únicamente para las líneas 3 y 6.

4. Adecuación de estanterías portaherramientas

El AGV debe transportar las cestas de herramientas sobre estanterías que permiten llevar varias cestas en un mismo trayecto, lo que reduce tiempos y costes.

La base rodante (Ilustración 6) que puede desplazar el AGV tiene 380mm de alto y las estanterías (Ilustración 7) que hay en las líneas tienen una altura de 1620mm. Con lo cual la altura máxima del conjunto es de 2000mm, resultando excesiva y poco operativa. Por esta razón se diseñó una estantería específica para llevar las cestas de las herramientas.



Ilustración 6.- Base rodante AGV



Ilustración 7.- Estantería herramientas

Aprovechando el rediseño de la nueva estantería, se incluyeron varias baldas para transportar las piezas de medición de nivel 3 antes mencionadas. Teniendo en cuenta las restricciones ergonómicas de altura y peso, la balda más alta no está por encima de 1.400mm de alto y la balda más baja se encuentra por encima de 600mm. Estas medidas no son aleatorias y se han establecido acorde con el “Manual de ergonomía” de Renault. En la Ilustración 8 se ve la ventana ergonómica en la que puede mover la carga. Se recogen las tres ventanas ergonómicas diferentes en función del peso de la carga a desplazar, siempre que ese desplazamiento sea menor de diez metros.

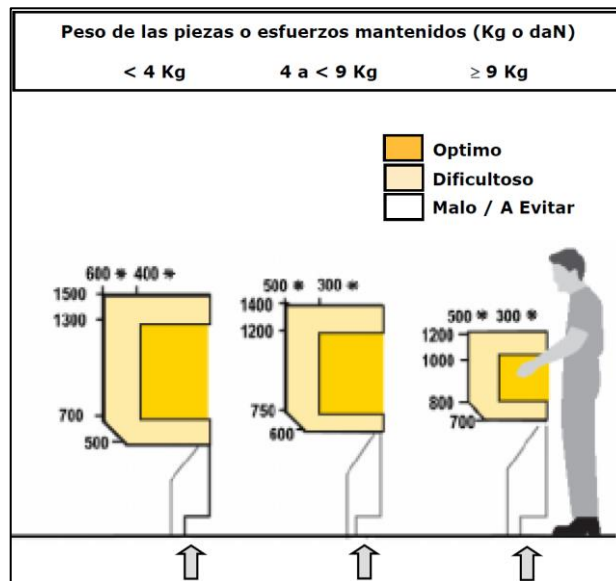


Ilustración 8.- Ventana ergonómica (Fuente: Renault Internal)

La correspondiente a nuestro caso es la que se sitúa en medio, ya que las bandejas con las piezas a medir no pesan más de 9kg.



Ilustración 9.- AGV con estantería

La nueva estantería es el que se ve en la Ilustración 9. Para su diseño se han tenido en cuenta dos factores:

Por una parte, las dimensiones de los diferentes tipos de cestas que hay en el taller de árbol de levas y por otra, un manejo más sencillo para los operarios. Para poder llevar un número mayor de cestas se han colocado posiciones para ellas por los dos lados de la estantería.

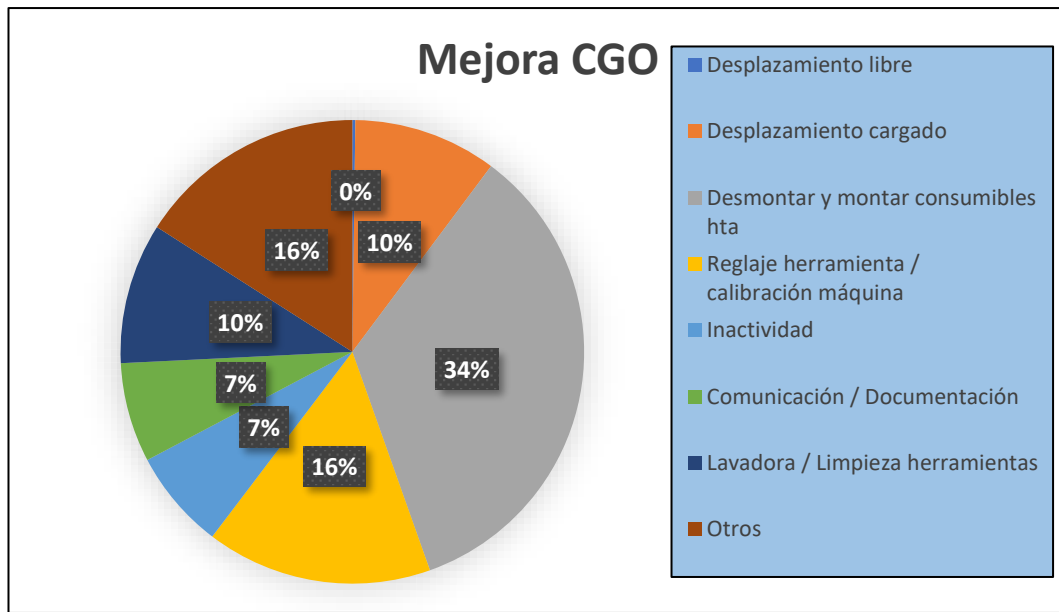
Las baldas para las bandejas de medida van cubiertas porque las piezas a transportar precisan un cuidado especial. Si hubiera alguna proyección de elemento extraño podría golpear las piezas y las medidas ya no serían aceptables.

5. Mejoras obtenidas

Realizando una observación continua después de la implementación, se puede ver que los tiempos de desplazamiento del operario disminuyen significativamente, no pudiendo reducirse a cero debido a la distribución física del taller, pero sí se ha logrado que realice el reglaje de todas las herramientas en su turno de trabajo. Antes de la implementación quedaban herramientas sin reglar para que lo hiciera el operario del siguiente turno o bien el operario se

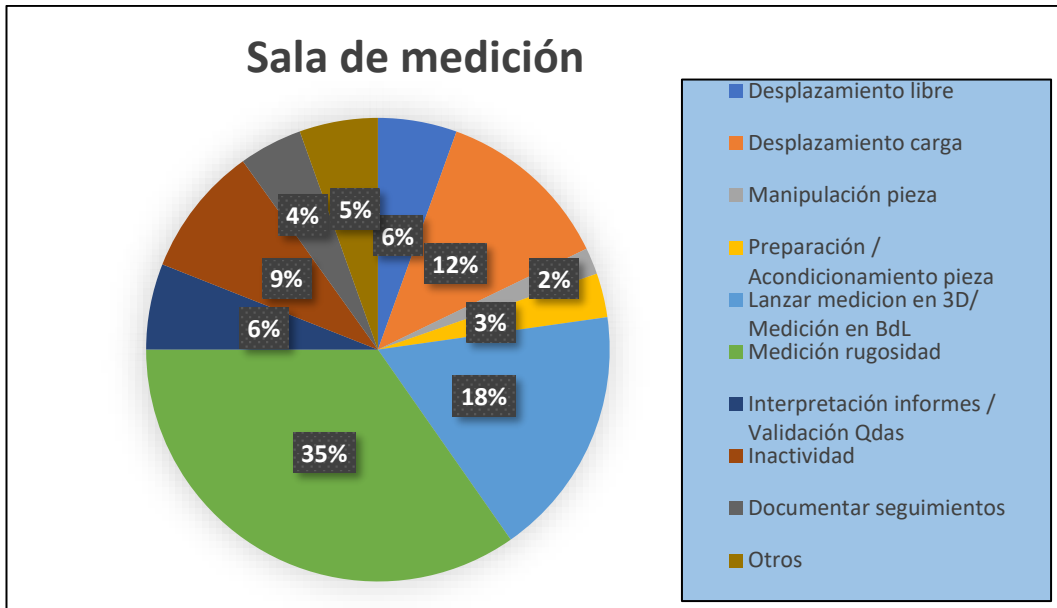
quedaba más tiempo para terminarlo, lo que generaba un aumento de horas extras y su consecuente aumento de costes.

En la Gráfica 2 se observan los tiempos tras la implementación. Por un lado, la reducción del tiempo del desplazamiento libre casi al mínimo y por otro, el aumento del tiempo productivo de un 47% a un 60%.

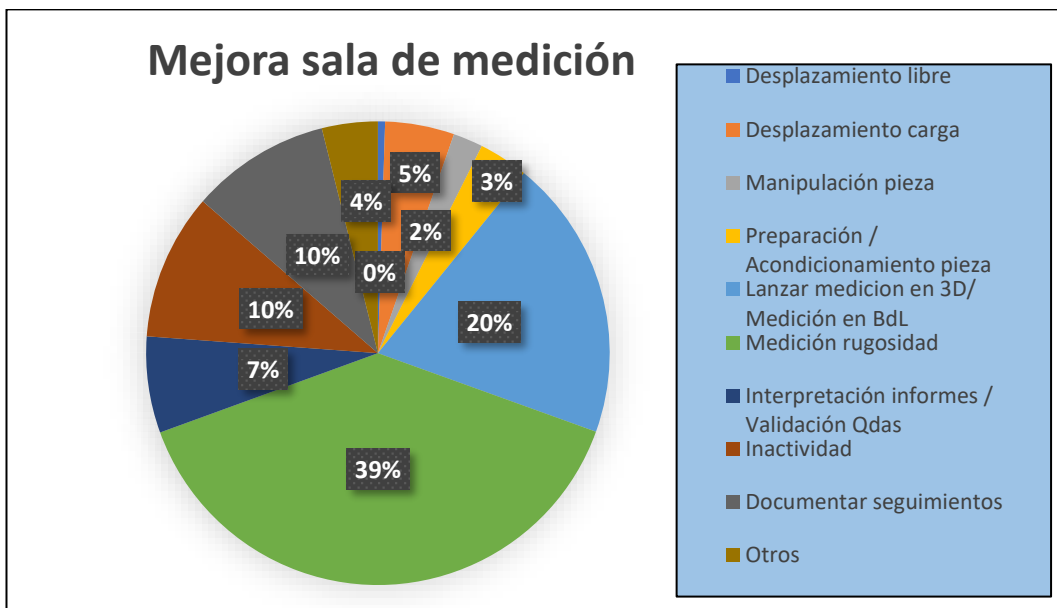


Gráfica 2.- Mejora operario CGO

Además, se ha logrado una mejora similar en los tiempos del operario que se dedica a realizar las mediciones de nivel 3. Esto se ha constatado mediante la realización de otra observación continua.



Gráfica 3.- Observación al operario de la sala de medición



Gráfica 4.- Mejora el tiempo del operario de la sala de medición

En las Gráfica 3 y Gráfica 4 se observan las mejoras de los tiempos ya comentados del operario de la sala de medición nivel 3.

Esta medición ha evidenciado que con la implementación del AGV el operario de la sala de medición de nivel 3 dispone de más tiempo dentro de su jornada, lo que ha permitido al RQA (Responsable de calidad) del taller asignarle más tareas y así liberar a otros operarios de tareas que no eran acordes con sus puestos de trabajo.

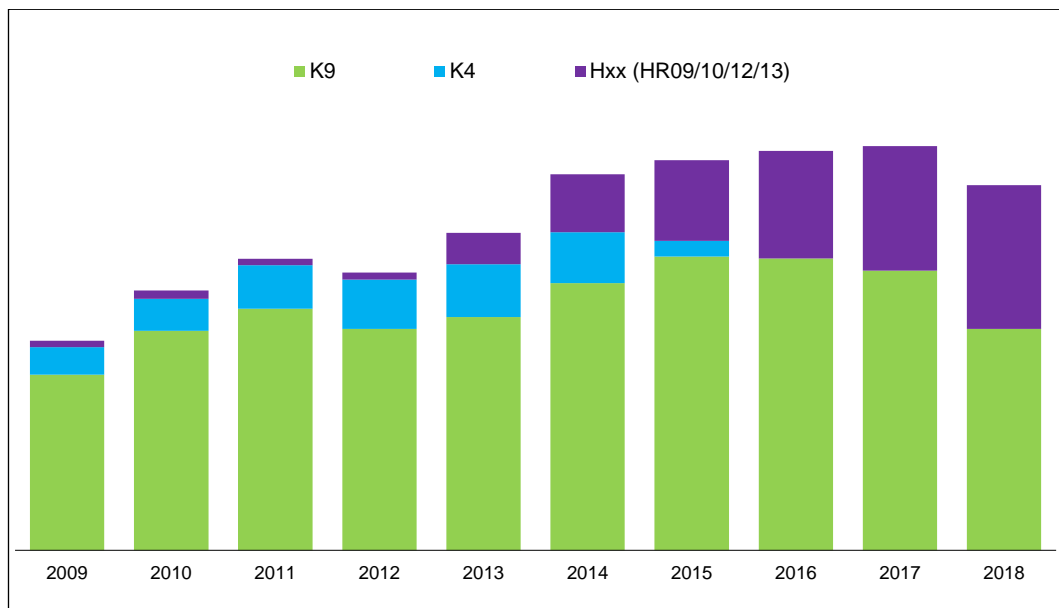


Aplicación de las técnicas LEAN: Flujo directo árboles de levas

1. Situación de partida

El cambio de rumbo en el mercado del automóvil ha producido una caída en las ventas del diésel y un aumento de las ventas de los vehículos gasolina y fruto de la no sincronización completa de las líneas de mecanizado con el cliente interno (Montaje-Motor) se ha generado un stock elevado de piezas acabadas. Los cambios de mentalidad en el mercado, aunque sean mínimos, repercuten de manera muy significativa en las fábricas que no trabajan en sincronización con sus clientes.

En el caso que nos ocupa, la fábrica de Renault de Valladolid está en un nivel de sincronización medio, por ello ha sido capaz de responder de manera relativamente eficiente al cambio de mercado.



Gráfica 5.- Volumen de motores producidos (Fuente: Renault Intenal)

En la Gráfica 5 se puede apreciar el descenso de producción de motores K9 y K4 (Diésel) y el progresivo aumento de los Hxx (Gasolina). A pesar de la notoria reducción en la producción de motores diésel, el stock ha aumentado. Las ventas en 2018 de vehículos diésel se han reducido casi un 50% en Europa, sin embargo, esta reducción de ventas no ha sido acompañada de forma proporcional por la producción. [12]

En concreto, este problema se evidencia en el exceso de stock de árboles de levas del modelo K9 (Diésel). La actuación menos traumática y más sencilla dentro del sistema es incidir sobre la línea 3 de árbol de levas, que al tratarse de una línea mono-producto nos permite una actuación directa.

Esta línea mecaniza el modelo K9 con las variantes K9EU5 y K9St1, con un cambio de ráfaga muy rápido fruto de la aplicación de la técnica SMED. Estos modelos se corresponden con el árbol de levas que montan los motores diésel 1.5 dCi, Energy dCi 1.5 y Blue dCi 1.5. El cambio de ráfaga se refiere a todas las modificaciones que se deben realizar en una línea de producción para pasar de fabricar un modelo a otro.

2. Plan de acción

Una vez detectado el problema, la primera solución propuesta fue crear un flujo directo con Montaje-Motor y así tener la máxima capacidad de reacción ante su demanda, ya que se eliminaría el almacenaje. Se desestimó rápidamente debido al riesgo de tener un “Tratamiento de piezas no conformes” (TPNC) por falta de calidad, y por el hecho de que la línea de montaje está concebida para que llegue desde un kitting previo.

La siguiente propuesta consistía en establecer cuatro ubicaciones de contenedores en el borde de línea. Esto es, dos posiciones fijas para contenedores de piezas acabadas, una posición para un contenedor vacío y una posición de pivote que puede funcionar como ubicación de lleno/vacío. Los tres contenedores llenos corresponden a algo menos de la producción de un turno que es de 900, más concretamente 768 piezas. Esto se hizo así ya que el consumo de Montaje-Motor para esos modelos es de 920 piezas al turno.

Este stock intermedio actúa como amortiguador de los picos de demanda de Montaje-Motor y de los picos de producción de la línea, queriendo crear un método que actúe de forma similar al sistema Heijunka. Puesto que los números objetivo de piezas no siempre son exactos este sistema impide rotura o incremento no deseado del stock.

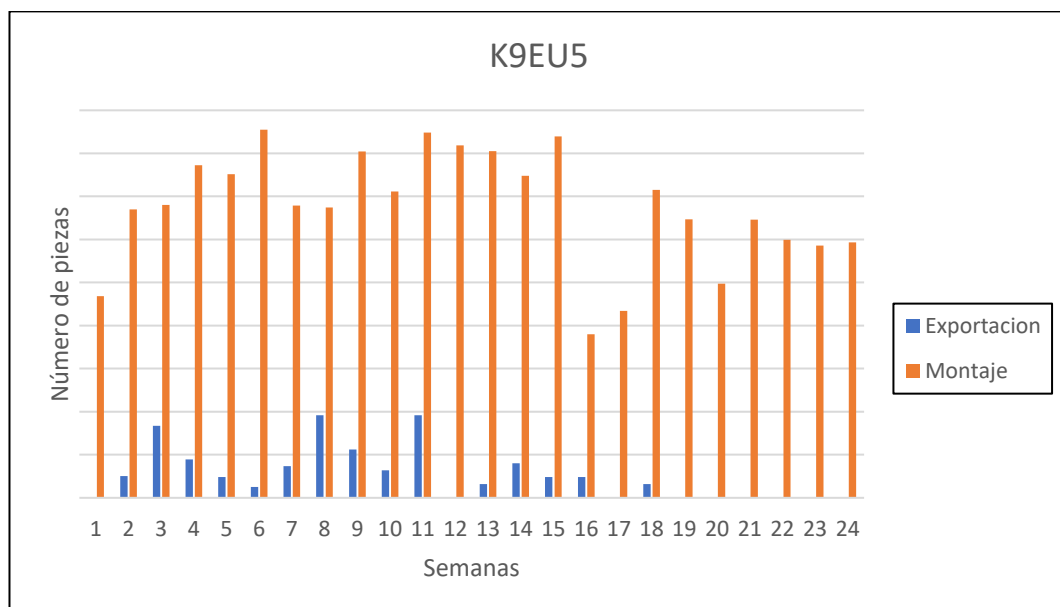
Está claro que lo ideal hubiera sido una sincronización entre la línea y Montaje-Motor casi completa. Pero hay que tener en cuenta que las paradas programadas de las líneas de mecanizado para mantenimiento, limpieza y demás acciones, se realizan entre semana. Estas paradas que tienen una duración aproximada de cuatro horas provocan un desfase que debe ser absorbido por el sistema.

El sistema de los “Cuatro Contenedores” empeora el Lead-Time y las 5s, pero mejoran el aseguramiento de la calidad ya que impiden que piezas defectuosas lleguen al cliente quedando detenidas bajo control. Cuando el proceso esté controlado y sea estable, se podrá ir reduciendo el número de contenedores llenos.

Además del stock en el borde de línea, hay que tener en cuenta que en el almacén de piezas acabadas debe haber un stock de seguridad. Éste es calculado por parte del departamento de logística en colaboración con el jefe de taller de árboles de levas. El nivel de stock de seguridad es necesario y se debe fundamentalmente a dos factores: en primer lugar, la falta de fiabilidad de la línea y en segundo lugar al hecho de que la línea fabrica piezas para dos tipos de cliente: cliente interno Montaje-Motor y clientes externos (Nissan, Dacia, Samsung, etc.).

La falta de fiabilidad en la línea es un factor sobre el que se debe incidir de manera inmediata para obtener resultados satisfactorios, por ello se están renovando/actualizando la maquinaria a nivel fábrica.

En la Gráfica 6: se puede ver que el volumen de piezas exportadas a clientes externos es bastante inferior al de piezas para cliente interno, por esta razón se determinó que las piezas exportadas se iban a suministrar por un lado mediante Stock y por otro mediante la utilización de otra línea como apoyo en caso de necesidad.



Gráfica 6.- Consumo de clientes de piezas acabadas

En esta gráfica podemos observar la comparación de la demanda semanal a lo largo del 2019 del modelo diésel entre los dos diferentes clientes (Montaje-Motor y clientes externos). A simple vista se ve que las piezas exportadas siguen un patrón de diente de sierra decreciente y las que se utilizan en interno tienen una tendencia a la baja como ya hemos comentado con anterioridad.

3. Diseño del Lay-Out

Una vez analizada la problemática y encontrada la posible solución, se debe dar respuesta a la configuración física de la misma.

El diseño de un buen Lay-Out se considera un factor muy importante en la concepción de los proyectos, ya que permite estudiar las múltiples configuraciones físicas que se pueden tener y desechar las menos eficientes. Además, de un buen diseño dependen muchas mejoras adheridas, tales como evitar desplazamientos innecesarios, mejorar limpieza y orden, obtener una buena percepción visual, etc.

En el caso de la línea 3 de árbol de levas, no había muchas posibilidades debido al espacio limitado en la línea.

La idea inicial era que las ubicaciones de los “Cuatro Contenedores” se encontraran en una nueva zona de concentración alejada del puesto del trabajador. Lo que suponía que el operario de control final debía mover los contenedores llenos hasta la nueva zona, aumentando mucho el tiempo de desplazamiento con el consiguiente aumento de valor no añadido por los desplazamientos en vacío. Por otro lado, incrementaba el riesgo ergonómico, ya que el peso de los contenedores llenos es elevado para desplazarlo más de veinte metros.

Con el fin de solventar esta pérdida de tiempo, se planteó la disposición de los “Cuatro Contenedores” alineados al final de la línea que evitaban esos trayectos en vacío, sin embargo, esta disposición afecta de forma visual.

La propuesta del Lay-Out de la zona de control final de línea de mecanizado es la siguiente:

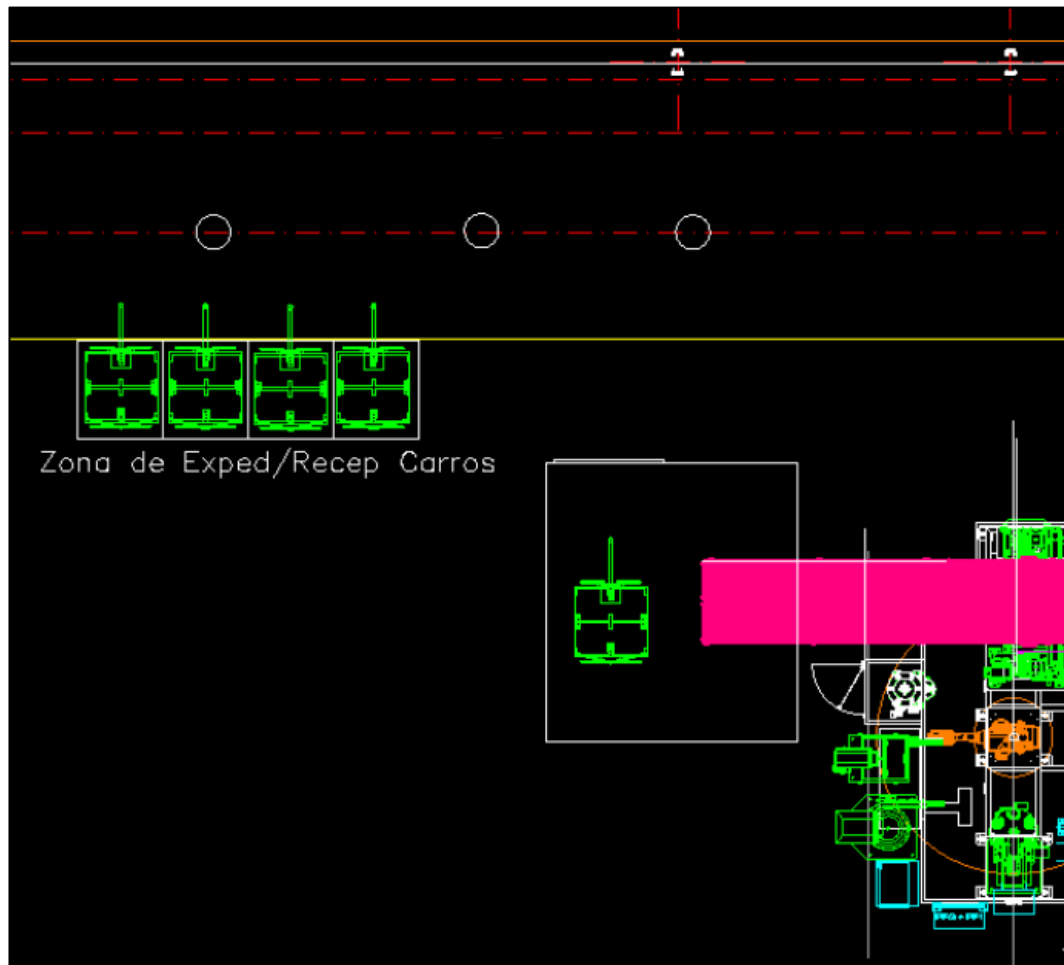


Ilustración 10.- Lay-Out zona de mecanizado

En la Ilustración 10 se muestra la disposición de la zona de control final de la línea 3. La parte rosa representa la salida de la última operación de mecanizado y el cuadrado blanco el puesto en el que está el operario de control final. Más arriba, hay una línea amarilla que delimita la calle y la línea.

Antes de situar los “Cuatro Contenedores” el operario de “control final” de la línea, que se dedica a hacer las validaciones de todas las piezas acabadas y transferirlas, cuando tiene un contenedor lleno, lo acerca desde su puesto de trabajo hasta la línea discontinua roja donde hay 3 circunferencias y lo engancha al AGV de acabados. Cuando el AGV llega al almacén el operario logístico lo almacena.

Con la nueva situación, lo debe acercar a “Zona de Exped/Recep Carros” de la Ilustración 10. Es evidente que no se modifica significativamente la distancia a recorrer por el operario.

Para entender el funcionamiento del sistema establecido hay que tener en cuenta que cualquier actuación sobre la zona de mecanizado influye en el almacén logístico. En la Ilustración 11 se observa el esquema de la zona del almacén logístico.

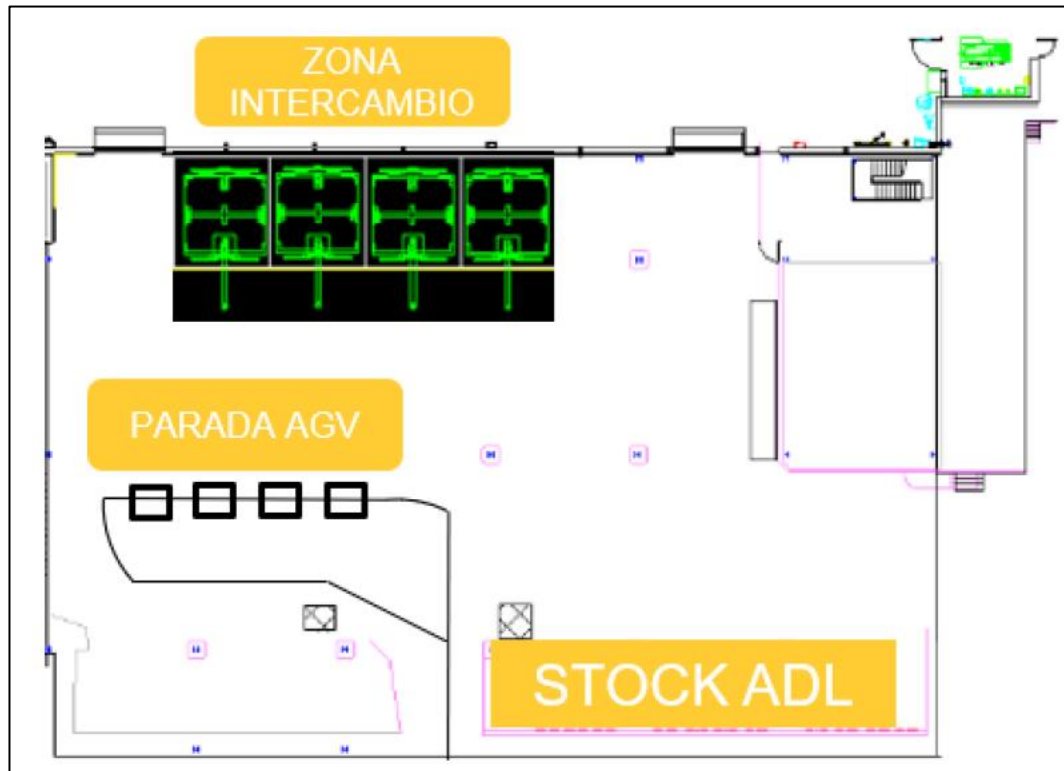


Ilustración 11.- Lay-Out zona logística

- Parada AGV: zona donde se detiene el AGV con los contenedores llenos enganchados.
- Stock ADL: zona dedicada al almacenaje de los contenedores llenos de árboles de levas.
- Zona de intercambio: donde se colocan los contenedores llenos y que posteriormente el operario logístico de Montaje-Motor se lleva hasta el kitting.

4. Modos de funcionamiento

Para entender mejor la solución planteada en el punto anterior, se va a exponer a continuación los modos de funcionamiento previstos.

En los MDF (Modos de funcionamiento) se deben de tener en cuenta las diferentes situaciones que se pueden dar a lo largo del día, los diferentes modelos (K9EU5 y K9St1) y los departamentos implicados (Mecanizado y logística).

- **Modo de funcionamiento normal mecanizado K9EU5.**

El operario de control final de la línea de árbol de levas 3 realiza la inspección y embalaje de los árboles.

Cuando completa un embalaje destino del kitting de Montaje-Motor:

1. Imprime etiqueta galia (Etiqueta con información sobre el contenedor) y la coloca en el carro.
2. Desplaza el carro a una de las cuatro ubicaciones definidas en el layout.
3. Cuando pasa el AGV de acabados el operario engancha el carro con la fecha más antigua.

El frecuencial del AGV de acabados es cada dos horas, que coincide con la cadencia de la línea para llenar un contenedor de acabados.

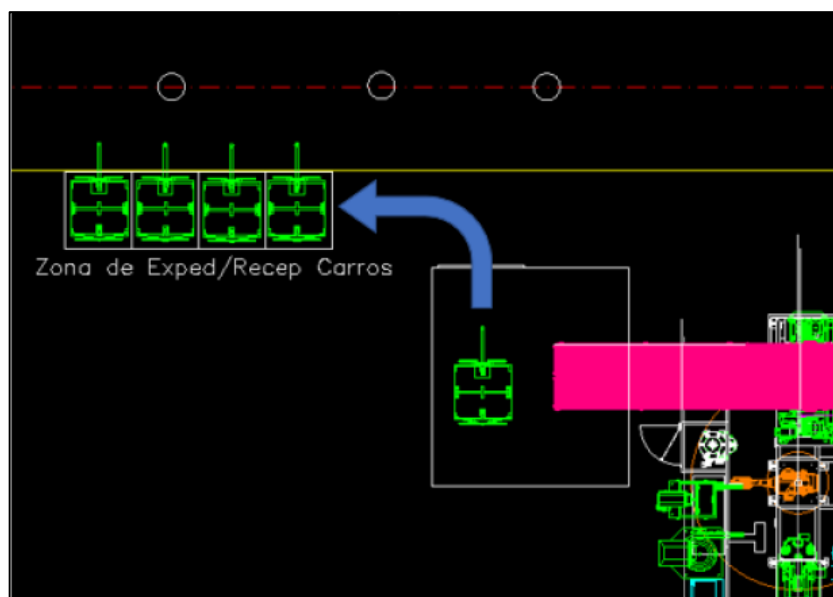


Ilustración 12.- MDF normal mecanizado EU5

- **Modo de funcionamiento normal logística K9EU5.**

El operario logístico del almacén desengancha el carro de árboles del AGV y lo coloca en la ubicación disponible para recogida de operario logístico de Montaje-Motor.

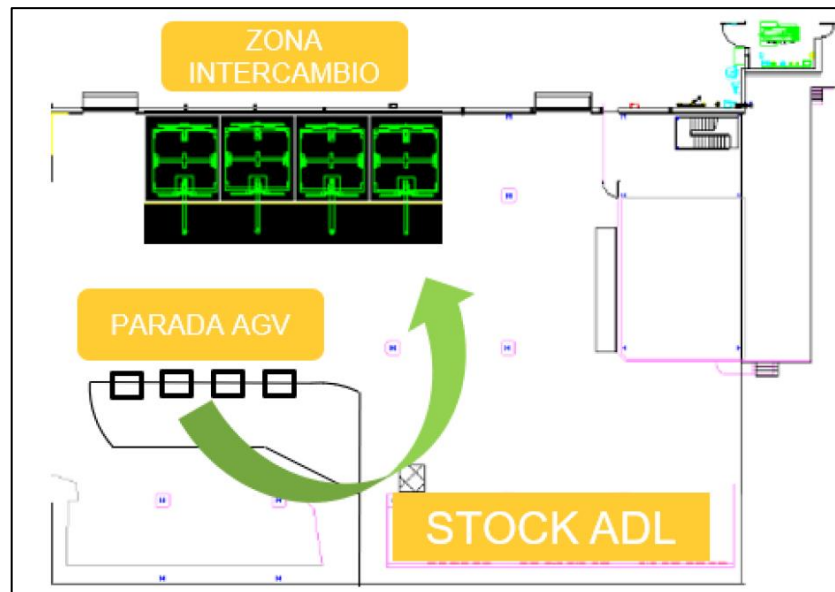


Ilustración 13.- MDF normal logística EU5

En el caso que esté ocupada la zona de intercambio, lo envía a la zona de stock de árboles de levas.

- **Modo de funcionamiento normal K9St1.**

Tanto el operario de control final como el logístico actúan como si fuera el modelo K9EU5.

- **Modo de funcionamiento tras un cambio de ráfaga.**

Para el operario de mecanizado el turno empieza con los contenedores de salida llenos del modelo del turno anterior. Según se van completando contenedores de la nueva ráfaga, se van dejando en las ubicaciones de salida y conectando al AGV los contenedores del modelo anterior siguiendo el modo de funcionamiento normal.

El operario logístico debe actuar según el modo de funcionamiento normal ya que para él no hay cambio de situación.

- **Modo de funcionamiento en parada programada.**

El operario de mecanizado ejecuta las tareas que le corresponden durante el proceso de parada programada.

El operario logístico gestiona el envío de diversidades EU5/Step1 a Montaje-Motor desde la zona de stock, dejando los contenedores en las ubicaciones de la zona de intercambio.

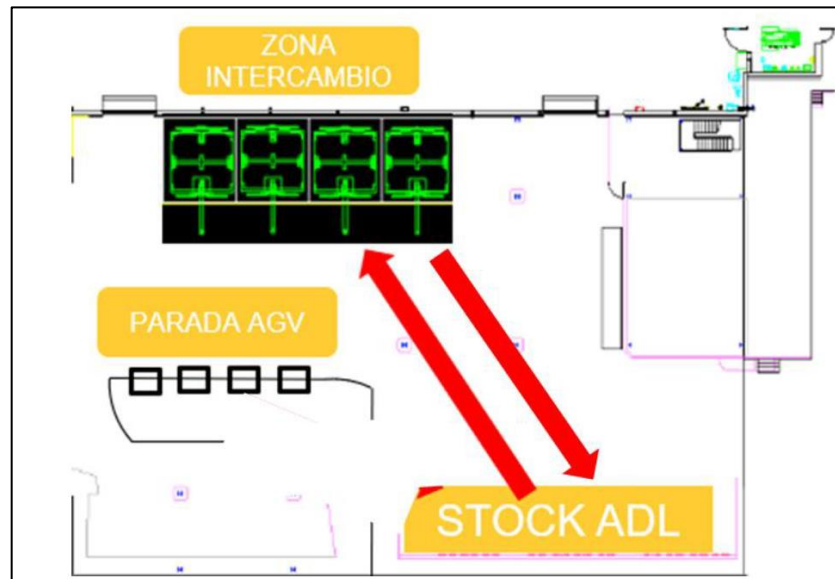


Ilustración 14.- MDF cambio de ráfaga logístico

- **Modo de funcionamiento por avería en la línea.**

El operario de control final continúa con la inspección, embalaje y aproximación de contenedores acabados a las ubicaciones de salida y conectando los carros de acabados al AGV. Si el control final se queda sin piezas por la avería, sigue las instrucciones del JU (Jefe de unidad) de la línea.

Para el operario logístico, si el operario de mecanizado sigue enviando contenedores de acabado en el AGV pese a la avería, el modo de funcionamiento es el normal. Pero si el operario de mecanizado no envía contenedores de acabado en el AGV debido a la avería, el modo de funcionamiento es el de cambio de ráfaga.

- **Modo de funcionamiento por avería del AGV.**

El operario de control final continúa con la inspección, embalaje, aproximación de carros de acabados a ubicaciones de salida y conexión de carros de acabados al AGV o medio logístico degradado. El medio logístico degradado normalmente será un operario logístico conduciendo un birlocho.

Para el operario logístico, su JU de motores 2 gestiona la solución de la avería y establece el modo degradado necesario para continuar el transporte directo.

- **Modo de funcionamiento ante un TPNC.**

El operario de control final sigue las instrucciones del RQA (Responsable de calidad) de la línea, una vez detectado el problema.

El operario logístico sigue las instrucciones del JU logístico de motores 2, una vez detectado el problema. El JU logístico gestiona el suministro de árboles de levas al kitting de Montaje-Motor y colabora en la resolución del TPNC con el RQA, si fuera necesario.

- **Modo de funcionamiento ante la necesidad de exportación.**

El operario de control final seguirá las instrucciones del JU de la línea.

Si el operario de mecanizado sigue enviando contenedores de acabado en el AGV pese a la necesidad de exportación, el modo de funcionamiento es el normal. Pero si el operario de mecanizado no envía contenedores de acabado en el AGV debido a la necesidad de exportación, el modo de funcionamiento es el de parada programada.

5. Resultados obtenidos

La finalidad de esta aplicación es controlar y alcanzar un Lead-Time de diez horas. Este objetivo era complicado debido al alto número de piezas almacenadas.

El Lead-Time de una línea en el caso de Renault no es significativo, ya se trabaja con los datos del taller en conjunto. Su cálculo es muy complicado debido a la aleatoriedad en el almacenaje de los contenedores de acabados.

Otra mejora que si se considera mucho más importante es el hecho de la reactividad ante un TPNC. Antes de implantar este método se tardaba casi un

turno completo en buscar en el almacén las piezas afectadas, con la pérdida de tiempo de fabricación y la correspondiente pérdida económica. Con este nuevo método se consigue reducir al mínimo el tiempo de búsqueda, ya que únicamente se va a tener que incidir en el borde de línea de mecanizado y kitting.

Por otro lado, se consigue que el operario de logística no utilice tanto tiempo de su jornada en mover contenedores del almacén a la zona de intercambio. Antes el operario recorría 195km anuales en carretilla, y tardaba en hacer el trayecto 10 minutos por contenedor, lo que supone 2604 euros anuales en actividad de logística. También se consigue un aumento de seguridad al no manejar cargas pesadas en altura con carretilla.

Otra mejora obtenida con la aplicación de este sistema es la eliminación de stocks intermedios y manipulación de piezas.

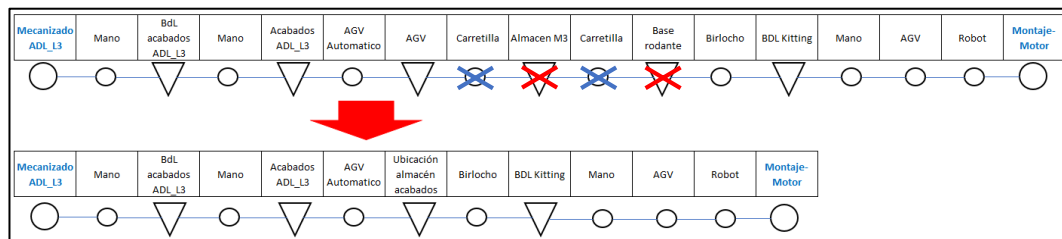


Ilustración 15.- Diagrama de flujo

En la parte superior de la Ilustración 15 se muestra el diagrama de flujo antes de la implantación del sistema de “Cuatro Contenedores”, y en la parte inferior se representa la situación resultante después de la implantación del sistema. Se puede apreciar la eliminación de dos stocks y una manipulación. En concreto, se elimina el almacén en Montaje-Motor, representado en el diagrama por el triángulo “Almacén M3”, y la espera antes de ser montado en el kitting representado por el triángulo “Base rodante”. Las manipulaciones que se eliminan son las dos carretillas correspondientes.



Conclusiones

La implementación del Lean-Manufacturing en la industria del automóvil garantiza resultados ahorrando costes, mejorando los plazos de entrega y asegurando las especificaciones de calidad. Además, se mejora la gestión de los recursos dentro de la fábrica.

De las dos aplicaciones vistas en este trabajo se pueden extraer varias conclusiones:

La implementación de un robot autónomo ayuda a mejorar la productividad, eliminando tiempos de desplazamientos innecesarios de los operarios del CGO y de la sala de medición. La mejora de los tiempos ha permitido la asignación de nuevas tareas al operario de la sala de medición permitiendo reubicar a otro operario que tenía de apoyo.

La aplicación del flujo directo de árboles de levas ha supuesto una mejora económica en concepto de tiempo y una mejora en seguridad del operario logístico eliminando el manejo de cargas en altura. Así mismo, ha permitido mejorar el Lead-Time a catorce horas, aunque no era el objetivo esperado es un buen dato de partida para comenzar a mejorar.

Por último, la conclusión global que se puede extraer de estos dos casos es que, aunque las mejoras a priori sean escasas, pueden desencadenar otras que no eran tan aparentes.



Bibliografía

[1] Valladolid Motores Plant. Extraído el 25 de Junio de 2019, de Groupe Renault <https://group.renault.com/en/our-company/locations/our-industrial-locations/valladolid-motores-plant-2/>

[2] Historia de la marca Renault (FASA). Extraído el 25 de Junio de 2019, de MotorGiga <https://motorgiga.com/historia/marcas/historia-de-la-marca-renault-fasa/gmx-niv22-con891.htm>

[3] Resultados de Groupe Renault en España. (2018). Extraído el 25 de Junio de 2019, de Renault España <https://www.renault.es/renault-espana.html>

[4] Muñoz Ellner, S.M. (2016) Diccionario Lean Manufacturing. Valladolid: Universidad de Valladolid, 2016.

[5] Lean Mngement. Extraído el 15 de Junio de 2019, de Lean Solutions <http://leansolutions.co/conceptos-lean/lean-manufacturing/>

[6] Salazar López, B. (2016) Lean Manufacturing. Extraído el 20 de Junio de 2019, de Ingeniería industrial online <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/lean-manufacturing/>

[7] La filosofía Toyota. Extraído el 20 de Junio de 2019, de Finilager <http://www.finilager.bo/la-filosofia-toyota/>

[8] Hernández Matías, J.C. y Vizán Idoipe, A. (2013) Lean Manufacturing. Conceptos, tecnicas e implantación. Madrid: EOI. Escuela de organización industrial. 2013.

[9] Sugimori, Y., Kusunoki, K., Cho, F. y Uchikawa, S. (1977) Toyota production system and Kanban system Materialization of just-in-time and respect-for-human system. The International Journal of Production Research, 15 (6), 553-564.

[10] Justo Rosas, D. Extraído el 20 de Junio de 2019, de Paritarios http://www.paritarios.cl/especial_las_5s.htm



[11] Escuela de negocios. (2015). Seis elementos que generan valor añadido a tu producto. Extraído el 28 de Junio de 2019, de Escuela de Negocios y Dirección <https://br.escueladenegociosydireccion.com/business/marketing-ventas/6-elementos-que-generan-valor-anadido-para-tu-producto/>

[12] (2018). Analysts & Investors. Extraído el 20 de Junio de 2019, de Group Renault <https://group.renault.com/en/finance-2/analysts-investors/>