



**Universidad de Valladolid**



**ESCUELA DE INGENIERÍAS  
INDUSTRIALES**

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**

**ESCUELA DE INGENIERIAS INDUSTRIALES**

**Grado en Ingeniería Mecánica**

# **Implantación LEAN de taller de reglaje de herramientas.**

**Autor:**

**García García, Irene**

**Tutor:**

**Mahíllo Isla, Raúl  
Departamento de CM e IM, EGI,  
ICG y F, IM e IPF.**

**Valladolid, Marzo 2018.**



## RESUMEN

Este trabajo detalla la implantación práctica de la filosofía LEAN en un taller de reglaje de herramientas para el mecanizado de componentes en motores de automóviles. Asimismo, se plantean las bases de la ideología LEAN en el mundo industrial.

## PALABRAS CLAVE

LEAN, herramientas, KAIZEN, mecanizado, industria 4.0.



## INDICES

### 1. CONTENIDOS

RESUMEN .....	3
PALABRAS CLAVE .....	3
INDICES .....	5
CONTENIDOS.....	5
ILUSTRACIONES.....	7
ECUACIONES .....	8
INTRODUCCIÓN.....	9
ALCANCE .....	11
OBJETIVOS.....	13
PARTE I: “LEAN” .....	15
1. EVOLUCIÓN INDUSTRIAL.....	17
2. LEAN .....	25
<b>2.1. CONCEPTO LEAN.....</b>	<b>25</b>
<b>2.2. HISTORIA LEAN .....</b>	<b>29</b>
<b>2.3. BÚSQUEDA DEL NO VALOR AÑADIDO.....</b>	<b>33</b>
2.3.1. Productos defectuosos o retrabajos.....	35
2.3.2. Movimientos innecesarios.....	37
2.3.3. Inventario.....	40
2.3.4. Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto: .....	43
2.3.5. Transporte innecesario: .....	44
2.3.6. Espera: .....	44
2.3.7. Sobreproducción: .....	44
<b>2.4. MÉTODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS LEAN .....</b>	<b>45</b>
2.4.1. Análisis 4 cajas .....	47
2.4.2. Diagrama de flujos .....	48
2.4.3. Value Stream Mapping (VSM).....	48
<b>2.5.SIX-SIGMA.....</b>	<b>51</b>
PARTE II: “APLICACIÓN PRÁCTICA DE MODIFICACIÓN LEAN” .....	53
CAPÍTULO 1: PROCESO DE FABRICACIÓN Y TALLER DE REGLAJE .....	55



<b>1.1 El proceso de fabricación de la culata .....</b>	<b>56</b>
<b>1.2 Taller de reglaje de herramientas .....</b>	<b>59</b>
CAPÍTULO 2: DEFINICIÓN DEL WTB. 4 CAJAS .....	63
CAPÍTULO 3 :FLUJOS.....	65
3.1. Flujo de piezas:.....	65
3.2. Flujo de personas: .....	66
3.3. Flujo de información: .....	69
3.3.1. Control de vida de herramienta.....	69
3.3.2. Sincronización con centro de reglaje .....	71
3.3.3. Control de trayectorias de operario de cambio. ....	72
CAPÍTULO 4: CONTROL DE STOCK .....	74
CAPÍTULO 5: IMPLANTACIÓN DE TALLER DE REGLAJE .....	77
PARTE III: ESTADO DEL PROYECTO .....	81
<b>ESTADO DEL PROYECTO .....</b>	<b>85.</b>
<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>87</b>
BIBLIOGRAFÍA.....	89

## ILUSTRACIONES

ILUSTRACIÓN 1. FACTORÍA DE MOTORES VALLADOLID .....	9
ILUSTRACIÓN 2 MARTIN LUTHER KING. GUIÑO A LA FRASE “I HAVE A DREAM” .....	13
ILUSTRACIÓN 3 ESQUEMA FÁBRICA .....	17
ILUSTRACIÓN 4 ELI WHITNEY (1850) .....	18
ILUSTRACIÓN 5 FREDERICK W. TAYLOR, 1878 .....	19
ILUSTRACIÓN 6. FRANK BUNKER GILBRETH, 1916.....	20
ILUSTRACIÓN 7 HENRY FORD, C. 1919.....	21
ILUSTRACIÓN 8. HISTORIA INDUSTRIAL.....	22
ILUSTRACIÓN 9 FLUJO LEAN THINKING .....	25
ILUSTRACIÓN 10 COMPARATIVA PENSAMIENTO TRADICIONAL Y PENSAMIENTO LEAN. 27	
ILUSTRACIÓN 11 SAKICHI TOYODA, 1918.....	29
ILUSTRACIÓN 12 EIJI TOYODA, 1950 .....	29
ILUSTRACIÓN 13 TAIICHI OHNO, 1953.....	30
ILUSTRACIÓN 14 SHIGEO SHINGO, 1961.....	30
ILUSTRACIÓN 15 JAMES WOMACK.....	31
ILUSTRACIÓN 16 LAS TRES MUS EN EL GEMBA.....	33
ILUSTRACIÓN 17 EJEMPLO IDENTIFICACIÓN MUS.....	34
ILUSTRACIÓN 18 % DESPERDICIOS.....	35
ILUSTRACIÓN 19 EJEMPLO POCAYOKE.....	35
ILUSTRACIÓN 20 POCAYOKE PROXIMO A DEFECTO A CONTROLAR .....	36
ILUSTRACIÓN 21 KIT ACOMPAÑA AL FLUJO.....	38
ILUSTRACIÓN 22 KITS COMPACTOS .....	38
ILUSTRACIÓN 23 BORDES DE CADENA DESPEJADOS.....	38
ILUSTRACIÓN 24 DIVERSIDAD.....	39
ILUSTRACIÓN 25 KITS CON CALIDAD .....	39
ILUSTRACIÓN 26 KITS ERGONOMICOS.....	40
ILUSTRACIÓN 27 INVENTARIO COMO FORMA DE OCULTAR PROBLEMAS .....	40
ILUSTRACIÓN 28 MINIMO STOCK EN PROCESO.....	41
ILUSTRACIÓN 29 NOCIONES DE TIEMPO EN JAT.....	42
ILUSTRACIÓN 30 ESQUEMA SIMPLIFICACIÓN DE FLUJOS .....	43
ILUSTRACIÓN 31 KAIZEN .....	46
ILUSTRACIÓN 32 ESQUEMA 4 CAJAS .....	47
ILUSTRACIÓN 33 SIMBOLOR DEL DIAGRAMA .....	48
ILUSTRACIÓN 34 EJEMPLO DE VSM.....	49
ILUSTRACIÓN 35 ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR FRENTE A ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR .....	51
ILUSTRACIÓN 36 LEAN + SIX SIGMA.....	51
ILUSTRACIÓN 37 MARCADO DATAMATRIX .....	56
ILUSTRACIÓN 38 CENTRO DE MECANIZADO DE DOBLE ELECTROHUSILLO Y CENTRO DE MECANIZADO .....	57
ILUSTRACIÓN 39 LINEAS DE MECANIZADO .....	58
ILUSTRACIÓN 40 SALA DE REGLAJE ANTEPROYECTO.....	60
ILUSTRACIÓN 41 CAMBIO DE HERRAMIENTA .....	61
ILUSTRACIÓN 42 CAMBIO DE HERRAMIENTA CON MEDICIÓN.....	61
ILUSTRACIÓN 43 ANÁLISIS DE 4 CAJAS.....	64



ILUSTRACIÓN 44 FLUJO DE LA HERRAMIENTA INTERIOR .....	66
ILUSTRACIÓN 45 ZONAS DE TRABAJO PERSONAS.....	67
ILUSTRACIÓN 46 SIMULACIÓN AHORRO CAMBIO DE HERRAMIENTA.....	67
ILUSTRACIÓN 47 ZONA DE TRABAJO DE CAMBIO.....	68
ILUSTRACIÓN 48 CARRO INFORMATIZADO.....	69
ILUSTRACIÓN 49 CONEXIÓN LINEA CON PC.....	70
ILUSTRACIÓN 50 PANTALLA DE VISUALIZACIÓN ESTADO.....	71
ILUSTRACIÓN 51 SEGUIMIENTO VIDA HERRAMIENTA.....	71
ILUSTRACIÓN 52 PANTALLA LECTURA OPERARIO REGLAJE .....	72
ILUSTRACIÓN 53 COORDENADAS DEL ESPACIO DE TRABAJO.....	72
ILUSTRACIÓN 54 TRAYECTORIAS POSIBLES.....	73
ILUSTRACIÓN 55 CUADRO DE DISTANCIAS .....	73
ILUSTRACIÓN 56 MAQUINA VENDING.....	74
ILUSTRACIÓN 57 LECTURA PANTALLA PETICIÓN HERRAMIENTA .....	75
ILUSTRACIÓN 58 ARMARIO DE HERRAMIENTAS.....	76
ILUSTRACIÓN 59 LOCALIZACIÓN CGO.....	77
ILUSTRACIÓN 60 VISTA IMPLANTACIÓN DESDE ARRIBA.....	78
ILUSTRACIÓN 61 PUESTO STOCK Y MONTAJE.....	78
ILUSTRACIÓN 62 PUESTO REGLAJE Y PREPARACIÓN DE CARROS.....	79

## TABLAS

TABLA 1 COMPARATIVA MANUFACTURA ACTUAL Y MANUFACTURA IDEAL.....	23
TABLA 2 PROBLEMAS ASOCIADOS A LINEAS CONVENCIONALES.....	23

## ECUACIONES

ECUACIÓN 1 TACK-TIME.....	42
ECUACIÓN 2 LEAD-TIME.....	43
ECUACIÓN 3 RENDIMIENTO DE PROCESO .....	43



## INTRODUCCIÓN

La documentación se basa en un proyecto pilotado directamente, a causa de mi relación laboral existente desde hace casi tres años, con la multinacional Groupe Renault.

Dentro de la empresa, el departamento de mecanizado, da servicio a todas las líneas de fabricación de piezas cuyo destino es la producción de los motores que se montan en más del 50% de los automóviles de la compañía. Por lo tanto, **la optimización continua de su rendimiento juega un papel transcendental en el progreso global de la empresa.**

Es la razón por la que el departamento tiene un equipo especializado en la realización de pilotajes directos de proyectos destinados a la **optimización de procesos y la búsqueda del “no valor añadido” en sus líneas de mecanizado, para poder eliminarlo.**

La fábrica es partícipe de continuas modificaciones en sus necesidades, nuevos proyectos y modificaciones de producto, son el día a día de una empresa de estas características. Con lo que ésta debe ser capaz de adaptarse a las nuevas situaciones que deba hacer frente.

Desde mi área de trabajo, Mejora Continua, surge la necesidad de realizar una modificación del taller de reglaje de herramientas, perteneciente al departamento de piezas mecanizadas.

Con el objetivo de lograr nuestra meta, iniciamos el “Proyecto CGO” (Centre Réglage Outil) , para conseguir ser capacitarlos dentro de plazo, a la demanda solicitada, apoyándonos en los **principios básicos de implantación de proyectos en el área industrial.** (Ilustración 1)



ILUSTRACIÓN 1. FACTORÍA DE MOTORES VALLADOLID





## ALCANCE

Este trabajo pretende dar a conocer los principios de mejora continua implantados en la industria, con el caso práctico de la modificación Lean del taller de reglaje de herramientas.

Haciendo participe al lector de las fases del proyecto, sus líneas de trabajo y su alcance final, hace el reflejo del importante movimiento desarrollado durante la última década del siglo XX y principios del siglo XXI.

El marco de desarrollo del trabajo es una planta de fabricación, con 4 líneas de mecanizado independientes. Cada cual, posee entre 40 y 50 centros de mecanizado, con una media de 4 herramientas por cada uno. Con un total aproximado de 450 herramientas, con un frecuencial de vida variable entre las 500 y las 100.000 piezas.

**La planta de fabricación necesita el servicio de un taller de reglaje, cuya función, cumpla con la reposición de herramienta a fin de vida por una a inicio de vida, la cual haya sido preparada y reglada para realizar su función.**

El modo de funcionamiento actual consta de operaciones manuales y maximización de stock de herramienta ya reglado, para dar cadencia a las líneas de mecanizado. Esto produce una complicada gestión de las necesidades de la línea y del stock, una sobreproducción de herramientas regladas, generando la alta ocupación superficie, y una mala gestión de la vida óptima de la herramienta.

La llegada de dos proyectos y de una nueva línea de mecanizado, da lugar la subida del nivel de servicio que debe proporcionar el actual taller de reglaje de herramientas.

Todo esto, junto con un aumento del stock actual a más del doble y una disminución de la superficie a la mitad, nos lleva a una modificación profunda del taller de reglaje, partiendo de las premisas de simplificación de flujos, sincronización con la línea de mecanizado y facilitación del puesto de trabajo.

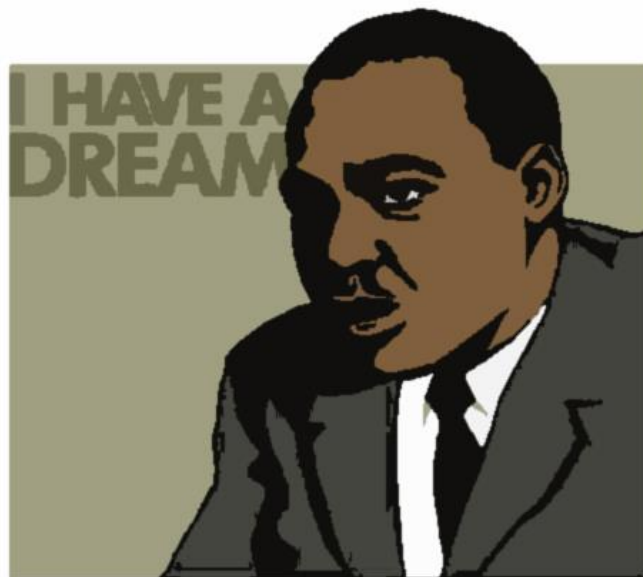




## OBJETIVOS

Apoyándonos en los principios Lean, los objetivos del proyecto son:

1. **Minimización del “No valor añadido”**, y asegurando un entorno donde las personas puedan trabajar, a la cadencia, en condiciones de seguridad y ergonomía adecuadas.
2. **Simplificación de flujos y espacios**, “una cosa para cada zona y una zona para cada cosa”, definición de puestos de trabajo.
3. **Sincronización con el cliente** (Línea de mecanizado), minimización y control de stocks.
4. **Automatización de procesos y flujos**.
5. **“I have a dream”**, definición de una situación ideal:  
La situación ideal se obtiene suprimiendo todos los despilfarros, sin tener en cuenta las limitaciones. La situación ideal genera ganancias muy superiores a las fijadas contractualmente por el proyecto. Para realizarse se ponen en marcha todos principios de mejora y se redefine una situación ideal. (Ilustración 2)



**Martin Luther King, Jr**

*ILUSTRACIÓN 2 MARTIN LUTHER KING. GUIÑO A LA FRASE “I HAVE A DREAM”.*



# PARTE I: “LEAN”







## 1. EVOLUCIÓN INDUSTRIAL

**Fábrica**, establecimiento dotado de maquinaria, herramientas o instalaciones necesarias para elaboración de algún objetivo, material o servicio, y abastecido de materias primas. (Ilustración 3).

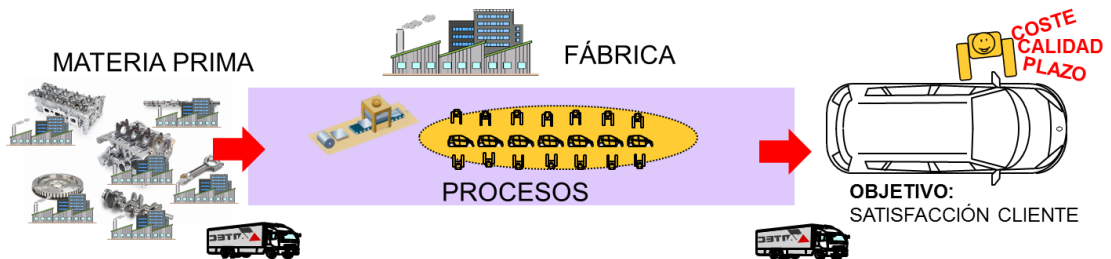


ILUSTRACIÓN 3 ESQUEMA FÁBRICA

La industria, realiza el compromiso de:

- Mejorar la calidad de nuestros productos y procesos para satisfacer las expectativas de nuestros clientes. **CALIDAD**
- Aportar Valor Añadido y eliminar los despilfarros que nuestros clientes no están dispuestos. **COSTE**
- Entregar nuestros productos y servicios a los clientes, respetando y reduciendo el tiempo **TIEMPO** [2]

La historia industrial parte de continuos cambios que han dejado partícipes ciclos.

Las revoluciones industriales vienen siempre motivadas por un gran adelanto en la tecnología que supone un avance muy notorio en las factorías.

La **primera revolución industrial** tuvo lugar a partir del año 1784 motivada por la aplicación de la energía producida por la máquina de vapor. Partiendo de una producción artesanal con bajo nivel de automatización, alta personalización de los productos, alto nivel de cualificación operarios, una producción unitaria y un alto coste por producto.

Como gran aportador, **Eli Whitney**, fue un inventor y fabricante estadounidense. La mayor contribución de Whitney para la industria de los Estados Unidos de Norteamérica fue la importación e implementación del sistema de fabricación y la línea de montaje. Fue el primero en usarla en la producción de mosquetes, tipo de arma, para el gobierno de los Estados Unidos. Después de la independencia de Estados Unidos, había una gran demanda de mosquetes en esa nación, y la independencia hizo posible producir bienes manufacturados. (Ilustración 4)



Eli Whitney encontró patrocinadores para respaldar el concepto de partes intercambiables de producción en la fabricación de mosquetes. Sin embargo, sus patrocinadores se impacientaron mucho cuando, después de que había pasado un tiempo considerable y haber gastado mucho dinero, se enteraron de que todavía estaba haciendo herramientas para fabricar partes. A la larga, no obstante, sus esfuerzos lograron producir partes intercambiables y económicas en grandes cantidades. El concepto de producir un conjunto de troqueles para fabricar un millón de partes, que ya es aceptado hoy día, no se entendía bien en esa época.



ILUSTRACIÓN 4 ELI WHITNEY (1850)

El siguiente gran cambio se produjo con la industrialización, con **la segunda revolución industrial**, que supuso la producción a gran escala en cadena en torno a 1870, influenciado en gran medida por el aprovechamiento de la energía eléctrica. El concepto producción en masa, se basa en creación de componentes modulares, con líneas de producción bajo ritmo, con ingeniería de producción, bajo lemas como “a los operarios no les gusta pensar”. Esto refleja un bajo nivel de cualificación de los operarios, con una producción de muchas unidades por producto, (bajo coste, economía de escala, con problemas de calidad persistentes y modelos inflexibles.

Años después, surge el movimiento desarrollado por **Frederick Taylor**, “el taylorismo”. Fue un método de organización industrial, cuyo fin era aumentar la productividad y evitar el control que el obrero podía tener en los tiempos de producción. Está relacionado con la producción en cadena. Método de organización del trabajo, haciendo referencia a la división de las distintas tareas del proceso de producción.(Ilustración 5)

Se basa en la aplicación de métodos científicos de orientación positivista y mecanicista al estudio de la relación entre el obrero y las técnicas modernas de producción industrial, con el fin de maximizar la eficiencia de la mano de obra, de las máquinas y herramientas, mediante la división sistemática de las tareas. Implementa una organización racional del trabajo en sus secuencias y procesos y el cronometraje de las operaciones.

Frederick W. Taylor intentó eliminar por completo los movimientos innecesarios de los obreros, con el deseo de aprovechar al máximo el potencial productivo de la industria. Hizo un estudio con el objetivo de eliminar los movimientos inútiles y establecer, por medio de cronómetros, el tiempo necesario para realizar cada tarea específica.

Anteriormente los trabajadores cualificados, en la revolución industrial británica, tenían un ritmo autónomo e irregular de producción, y una cantidad de piezas que entregar al final de la semana.

Con la división del trabajo, se eliminan costos y el trabajo artesanal, se consigue que el conocimiento pase a los ingenieros, los oficios dejan de tener la posición preferente y negociadora que tenían hasta el momento, y así el trabajador pierde ese poder negociador como resultado de la conversión a tareas simples. La fragmentación del trabajo produce una descalificación, al destruirse los antiguos oficios, fragmentándolos y descomponiéndolos, aumentando la eficiencia y bajando los costos, ya que al trabajador que lleva a cabo tareas simples se le paga menos.

Taylor observó que algunos trabajadores poseían más talento que otros, y que incluso los más inteligentes frecuentemente carecían de motivación. Además, observó que la mayoría de los trabajadores obligados a realizar tareas repetitivas tienden a trabajar al menor ritmo posible que no conlleve un castigo. Este lento ritmo de trabajo ha sido observado en varias industrias y países, y ha sido llamado "soldado", aludiendo a la forma en la que los conscriptos seguirían órdenes. Taylor usó este término y observó que, a igual remuneración, los trabajadores tienden a hacer tanto trabajo como el que menos por fin. Desarrolló un sistema de motivación mediante el pago de primas al rendimiento.



*ILUSTRACIÓN 5 FREDERICK W. TAYLOR, 1878*

En la misma situación temporal, **Frank Bunker Gilbreth** fue defensor de la organización científica y pionero en el estudio de movimientos. Gilbreth sirvió



en el ejército de Estados Unidos durante la Primera Guerra Mundial. (Ilustración 6).

Su trabajo consistía en buscar maneras más rápidas y eficientes para armar y desarmar armas. Usó una cámara de cine calibrada en fracciones de minutos, para estudiar hasta los movimientos más pequeños de los trabajadores. Gilbreth también ideó técnicas estándar usadas por ejércitos alrededor del mundo para enseñar a los reclutas como armar y desarmar armas aun estando con los ojos vendados o en completa obscuridad.



*ILUSTRACIÓN 6. FRANK BUNKER GILBRETH, 1916*

Poco después, apareció “El fordismo”, **Henry Ford**, el cual propone e implementa la producción en cadena con la producción del primer automóvil en 1908. Implemento una organización general del trabajo altamente especializada y reglamentada. Fabricó mediante cadenas de montaje y maquina especializadas. (Ilustración 7)

Los salarios y el número de trabajadores en plantilla, eran más elevados. El fordismo como modelo de producción resulta rentable siempre que el producto pueda venderse a un precio relativamente bajo en relación a los salarios promedio, generalmente en una economía desarrollada.

Analizo que el trabajador debía moverse rápidamente siguiendo el ritmo de la cinta, con movimientos repetitivos y rutinarios, eliminando todo el movimiento ajeno a la actividad específica asignada, tiempos muertos. Este último movimiento, llevó a un aumento de la división del trabajo.

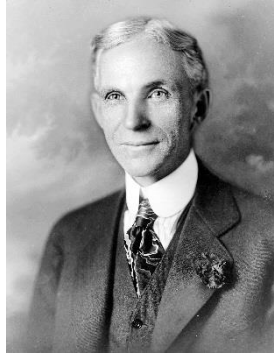


ILUSTRACIÓN 7 HENRY FORD, C. 1919

El último adelanto que había tenido efectos considerados como revolución industrial fue el desarrollo de la electrónica alrededor de 1969 que permitió la automatización de las líneas de producción reduciendo el esfuerzo físico de las actividades manuales y aumentando aún más la cadencia de producción.

De estos años, surge “**el Toyotismo**”, posteriormente denominado metodología Lean un pilar muy importante en el sistema de procedimiento industrial japonés y coreano. Se destaca básicamente en su idea de trabajo flexible. Con un aumento de la productividad a través de la gestión y organización (just in time), y el trabajo combinado. [1]

Alta flexibilidad laboral, y alta rotación de puestos de trabajos o roles. Con estímulos sociales a través del fomento del trabajo en equipo y la identificación transclase entre jefe-subalterno. [3]

El sistema just in time, que revaloriza la relación entre el tiempo de producción y la circulación de la mercancía a través de la lógica de menos control del obrero en la cadena productiva y un aceleramiento de la demanda que acerca al “stock 0” y permite prescindir de la bodega y sus altos costos por concepto de almacenaje.

La reducción de costes en planta permite traspasar esa baja al consumidor y aumentar progresivamente el consumo en las distintas clases sociales.

En 1986, Motorola desarrolla el 6 Sigma por Bill Smith, años después generalizado por Jack Welch en General Electric, 1995. Lean Six Sigma es una metodología que se encarga de maximizar las operaciones de adición de valor por medio de una rápida mejora en la satisfacción del cliente, costo, calidad, velocidad del proceso e inversión de capital. [9]

Hasta la actualidad estos habían sido los grandes avances en la historia de la industria, pero la revolución digital de las telecomunicaciones y del procesamiento de datos en la que vivimos está produciendo una cuarta



revolución que debe suponer la diferencia de las empresas con sus competidores. (Ilustración 8)

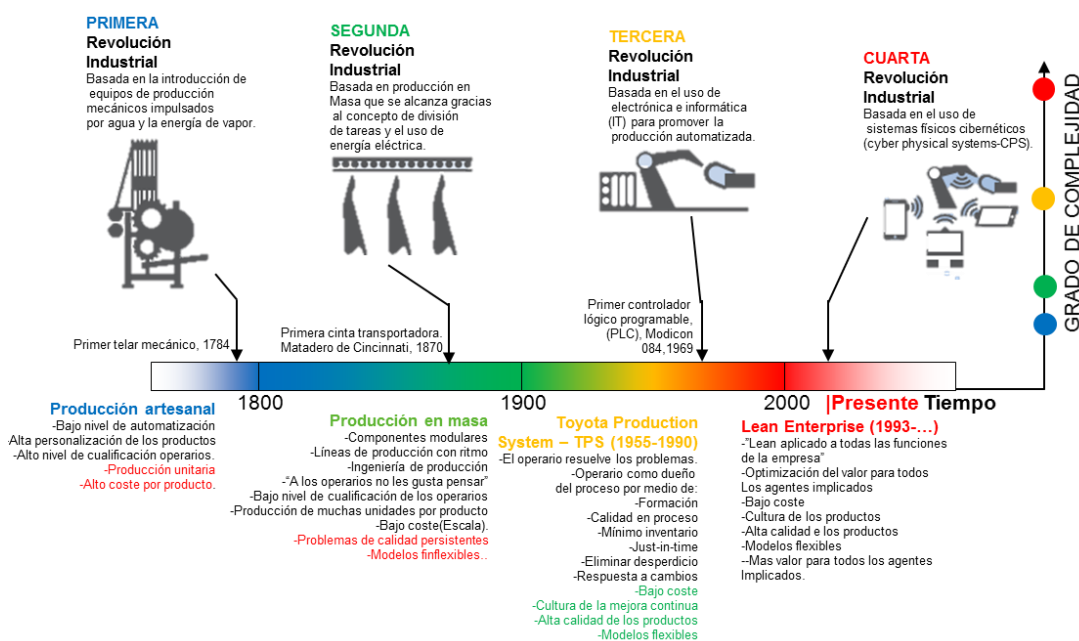


ILUSTRACIÓN 8. HISTORIA INDUSTRIAL

En la industria actual se están desarrollando una serie de técnicas que hace unos años resultaban impensables y ahora resultan asumibles gracias al avance digital y al consecuente abaratamiento de los dispositivos electrónicos.

Técnicas que van a suponer la **cuarta revolución** en los procesos industriales, basadas en las nuevas posibilidades de almacenamiento y transmisión de datos. La industria 4.0 trata de trasladar estas tecnologías al mundo de las plantas de fabricación, de manera que se cuente con una inmensa cantidad de datos al servicio del proceso industrial.

El trabajo descrito constituye uno de las vertientes de mayor aplicabilidad de la conectividad en las industrias. Basándose en la captación y transmisión de medidas se desea contar con una base de datos actualizada que proporcione información certera sobre el estado de deterioro de los equipos utilizados en las líneas de producción. [9]

La línea de trabajo actual es llegar a una manufactura ideal con líneas de fabricación flexibles, controles altos de calidad, equilibrio de puestos y minimizando desperdicios. (Tabla 1) [2]

La manufactura actual se basa en:	La manufactura ideal se basa en:
Fabricar siguiendo un pronóstico Fabricar para un almacén de producto terminado Utilizar al máximo la capacidad de producción Asignar personal fijo a las líneas de producción	Terminar un inventario muy pequeño de producto terminado Fabricar solo lo que el mercado consume. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Reponer lo consumido. (tipo supermercado).</li> <li>• Fabricar solo el volumen requerido (takt time).</li> <li>• Utilizar la capacidad de producción requerida y no más.</li> <li>• Tener una nivelada (todos los días la misma cantidad en el mes).</li> </ul>

TABLA 1 COMPARATIVA MANUFACTURA ACTUAL Y MANUFACTURA IDEAL

Las líneas de producción se pueden dividir en Convencionales y Flexibles, siendo las convencionales: (Tabla 2)[2]

	Problemas asociados
a) Manejadas por transportadores o convoyes. b) Gente sentada fija en una operación. c) Mucho transporte entre estaciones y procesos. d) Esperas de proceso y de lote a lo largo del proceso. e) Mucho material en el proceso. f) Problemas de calidad no reconocidos, ni atendidos, ni corregidos de inmediato.	a. Riesgo Seguridad b. 1Operación→1Operario c. No Valor Añadido d. Cuellos de botella e. Descontrol y pérdida de flexibilidad f. Cliente insatisfecho, alto coste por pérdidas de chatarra

TABLA 2 PROBLEMAS ASOCIADOS A LINEAS CONVENCIONALES

Con un ideal de línea de fabricación futura, donde aparezcan operadores multihabilidades, una detección del desperdicio, y búsqueda de eliminación de problemas asociados.







## 2. LEAN

### 2.1. CONCEPTO LEAN

Lean es una palabra inglesa que traducida literalmente dice: «Flaco, sin Grasa, Limpio...».pero bajo este término resulta el **Management de las dinámicas para obtener un proceso de creación de valor añadido, sin despilfarros.**

Es una forma de pensar, es un sistema completo que crea una cultura organizacional de mejora continua en los procesos y la producción.

Es una filosofía de producción, una manera de conceptualizar el proceso de producción, desde la materia prima o solicitud de compra hasta el producto terminado para satisfacer al cliente final.

El principal objeto de estudio del sistema no es el inventario y la reducción del mismo. Como cualquier negocio, la meta por lograr es la satisfacción del cliente y la rentabilidad sostenida. La efectividad en las operaciones y en los procesos de producción debe ser parte de una estrategia. [1]

A Partir de los 5 principios del **Lean Thinking**: (Ilustración 9)[3]

**1. Valor:** Definir qué agrega valor para el cliente. La mayoría de los clientes quieren comprar una solución, no un producto o servicio.

**2. Flujo del valor:** Definir y hacer el mapa del proceso. Eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.

**3. Flujo continuo:** Crear un flujo continuo. Hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.

**4. Flujo tirado:** El consumidor pida lo que requiere. Una vez hecho el flujo, es necesario ser capaces de producir lo por órdenes de los clientes en vez de producir en pronósticos de ventas a largo plazo.



**5. Búsqueda de la perfección:** Esforzarse por la excelencia y alcanzar la perfección. Una vez que una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

Cuyos principios aportan ganancias en:[3]

- **Calidad (Q):** Mejorar la calidad de nuestros productos y procesos para satisfacer las expectativas de nuestros clientes. El cliente nunca acepta defectos, para ello no puedo producir defectos y no puedo dejar pasar defectos.
- **Coste (C):** Aportar Valor Añadido y eliminar los desperdicios que nuestros clientes no están dispuestos a pagar.
- **Tiempo (T):** Entregar nuestros productos y servicios a los clientes, respetando y reduciendo el tiempo.
- **Recursos Humanos (RH):** En esta búsqueda continua de sincronización con el cliente pueden surgir problemas: defectos de calidad, averías de máquinas o paradas de funcionamiento, para ello es necesario tener una actitud proactiva, para anticiparse a los problemas y encontrar oportunidades para mejorar e innovar.

El pensamiento tradicional dicta que el precio de venta es calculado por el costo más el margen de utilidad que se desea. El mercado actual es tan competitivo que hay alguien siempre listo para tomar su lugar. Los clientes pueden marcar el precio y el fabricante no tendrá la ganancia esperada. Bajo estas circunstancias, el único camino para obtener una ganancia es eliminando desperdicios de sus procesos, y por lo tanto reduciendo costos. (Ilustración 10)

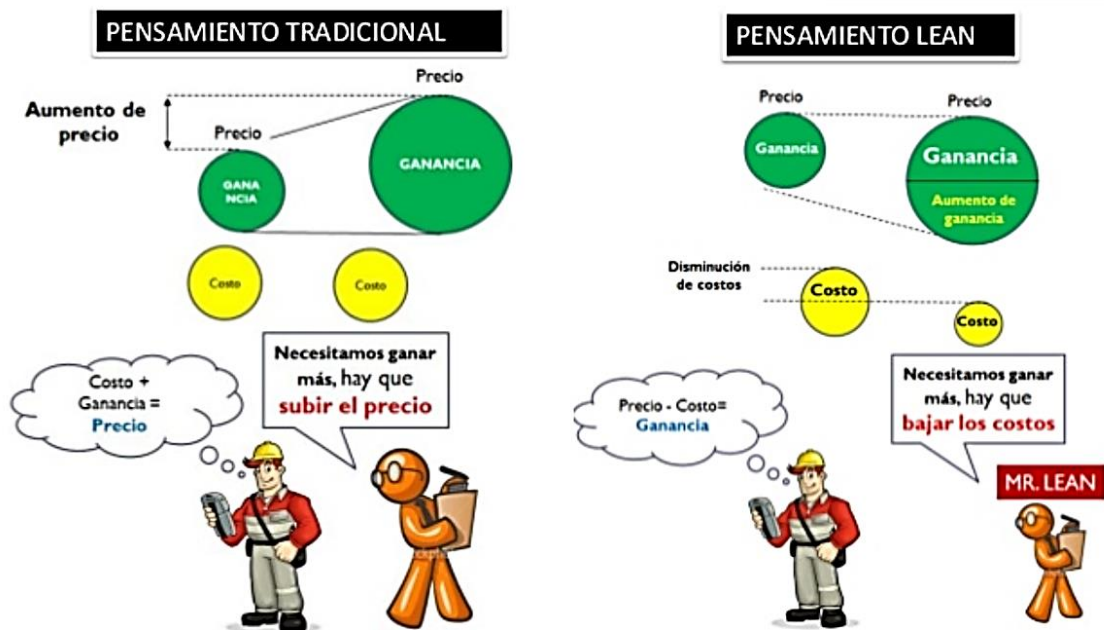


ILUSTRACIÓN 10 COMPARATIVA PENSAMIENTO TRADICIONAL Y PENSAMIENTO LEAN

Se trata entonces de crear una forma de vida en la que se reconozca que los desperdicios existen y siempre será un reto para aquellos que estén dispuestos a encontrarlos y eliminarlos.

El fundamento Lean, se apoya de los principios JAT( **Just a time**), que nos lleva al compromiso de fabricar y entregar los productos demandados, en el momento necesario y en las cantidades exactas. [7]

Que de forma práctica lo traducimos en organizar la producción de tal manera que el cliente no tenga necesidad de esperar y que, para satisfacerlo, no tengamos necesidad de stock. Con un objetivo claro, eliminación sistemática de despilfarros, analizando los flujos físicos y los flujos de información.

La eliminación de despilfarros produce que el trabajador se pueda concentrar mejor en su tarea y entregando su producto en tiempo y con mejor calidad.

Actividad que agrega valor, es aquella por la que el cliente está dispuesto a pagar. El tiempo que agrega valor es solamente un pequeño porcentaje del LeadTime (tiempo de entrega).

El paso de Flujo Empujado (Push) a Flujo Tirado(Pull), pasamos de que cada operación se produzca usando pronósticos e itinerarios de trabajo sin tener en cuenta lo que necesita la operación siguiente, a un sistema, donde se reabastece solamente lo que el cliente a consumido. Se unen funciones distintas a través del uso de métodos visuales para controlar el flujo de recursos.[7]





## 2.2. HISTORIA LEAN

El Sistema de Producción Toyota, tiene como propósito principal eliminar a través de actividades de mejora continua, los desperdicios dentro de la compañía.[1]

El Sistema de Producción Toyota, como filosofía de trabajo, tiene sus orígenes en la industria textil, Toyoda (apellido común japonés), empresa que años después pasaría a llamarse Toyota.

En particular, tiene su origen en la creación del primer telar automático (cerca del año 1918 por Sakichi Toyoda), hasta entonces la rotura del hilo provocaba la parada total de la máquina. (Ilustración 11).

Basándose en este invento y en innovaciones y patentes subsiguientes la familia Toyoda fundó una empresa textil (Okawa Menpu) en Nagoya que luego se convirtió en Toyota Motor Company.

Es en esta época textil cuando nacen los conceptos japoneses de Jidoka (traducido por algunos autores como "Automatización") Poka-yoke (a prueba de fallos) que siguieron conceptos posteriores como Just-in-Time (Justo a Tiempo) , Muda (Despilfarros), Genchi Gentbusu (ir y ver), Kaizen (mejora continua), Challenge (Desafío), Team Work (Trabajo en equipo) y Respect (Respeto).

Tras una visita a la planta de Ford Motor en Estados Unidos en 1950, Eiji Toyoda, sobrino de Sakichi, volvió a Japón con la idea de adaptar los métodos de producción en masa a los estándares japoneses. Esta se convirtió en la base de la producción eficiente de Toyota que promovió como kaizen, o mejora continua. (Ilustración 12)



ILUSTRACIÓN 11 SAKICHI TOYODA, 1918



ILUSTRACIÓN 12 EIJI TOYODA, 1950

Sin embargo, los verdaderos creadores del STP, fue Taiichi Ohno, (1953) y Shigeo Shingo (1961), quien en principio de los años cincuenta su inspiración de los mercados americanos donde las estanterías era difícilmente verlas vacías, debido a que su reposición era instantánea, los clientes podían escoger exactamente los productos que quieran en las cantidades exactas que querían.

Los suministros son regulados, de acuerdo con los requisitos exactos de la producción

Esto hoy es llamado fabricación oferta y demanda, también conocido como Lean Production.

Esto significa que el proceso de fabricación solo se pondría en marcha cuando el cliente ha realizado el pedido, una vez que la producción empieza, las partes van llegando justo a tiempo a la fábrica y a las líneas de fabricación

Shigeo, comenzó a introducir instrumentos mecánicos sencillos en los procesos de ensamblaje, con el objetivo de prevenir que las partes sean ensambladas erróneamente, señales de alerta cuando un operario olvidaba una de las partes (Poka Yoke). Se le acredita haber creado y formalizado el Cero Control de Calidad.



ILUSTRACIÓN 13 TAIICHI OHNO,  
1953



ILUSTRACIÓN 14 SHIGEO SHINGO  
(1961)

*“Entregar el material correcto, en la cantidad exacta, con perfecta calidad y en el lugar correcto solo hasta que este sea requerido”*

Taiichi Ohno y Shigeo Shingo

El Sistema de Producción Toyota, como tal, se considera un sistema reconocido mundialmente como benchmark para las empresas de manufactura y luego extendido en la industria del servicio.

El termino Lean Manufacturing apareció por primera vez en el libro de James P.Womack, “La Máquina que cambio el Mundo”,1990, basada principalmente en las observaciones del Sistema de Producción Toyota, para descubrir la profunda revolución en la manufactura.

Analiza el gran cambio entre producción en masa y producción Lean, basándose en un sistemas comparativo entre el movimiento ideado por la fábrica Ford y el sistema desarrollado por la producción Toyota.[1]



ILUSTRACIÓN 15 JAMES WOMACK, 1990

	
Estaba diseñado para producir grandes cantidades de un tamaño limitado de modelos	Necesitaba producir volúmenes bajos de diferentes modelos usando la misma línea de ensamble, porque era lo que demandaba el consumidor en su mercado de autos. Los niveles de demanda eran muy bajos como para tener una línea exclusiva de cada modelo.
Tenía mucho capital y muchos recursos económicos, así como un mercado internacional y nacional que cubrir.	Tenía que operar en un país pequeño con pocos recursos y capital.
Tenía una cadena de suministro completa.	No contaba con una cadena de suministro.

TABLA 3 TABLA COMPARATIVA FORD VS TOYOTA EN 1950







## 2.3. BÚSQUEDA DEL NO VALOR AÑADIDO

Enfocándose en la eliminación del desperdicio, con el fin de incrementar las utilidades, menos esfuerzo humano, menos equipo, menos tiempo, menos espacio.

Los ingenieros japoneses han clasificado estas limitantes en tres grupos a los que llamaron **las 3 “Mu”** debido a que todas inician con la sílaba mu.

- **Muda:** cualquier actividad que consume recursos sin crear valor para el cliente, aquí podemos distinguir dos categorías de muda:
  - 1) Actividades que no pueden ser eliminadas inmediatamente.
  - 2) Actividades que pueden ser eliminadas rápidamente a través de un kaizen.
- **Mura:** es cada vez que se interrumpe el flujo normal de trabajo en la tarea de un operador, el flujo de partes y máquinas o el programa de producción.
- **Muri:** significa tener condiciones estresantes para trabajadores y maquinas, y lo mismo aplica para los procesos de trabajo.

La combinación de muda, muri, y mura son anomalías en el GEMBA, que es el lugar de Trabajo. (Ilustración 16). [5]



ILUSTRACIÓN 16 LAS 3 MUS EN EL GEMBA

Como ejemplo de la identificación de las 3 MU´s, el caso del camión y la carga, sabiendo que cada camión tiene una capacidad de 3 toneladas, y el objetivo es transportar 6 toneladas. (Ilustración 17).

Para el caso A, el camión se encuentra sobrecargado con 3 toneladas de más, con lo cual se encuentra con una condición estresante para la máquina. Se identifica el Muri.



MURI:



MURA:



MUDA



**NO MURI, MURA O MUDA**

Para el caso B, hay un desnivel de la carga, con una variación de trabajo entre los dos camiones, que provoca interrupción en el trabajo normal del camión. Se identifica el Mura.

Para el caso C, tenemos un desperdicio de los medios, el camión lleva 2/3 de la carga permitida. Se identifica el Muda. [6]

ILUSTRACIÓN 17 EJEMPLO IDENTIFICACIÓN MUS

Para el último caso, las condiciones son las más óptimas, opciones Lean. El camión se encuentra en la máxima capacidad, para un objetivo de llevar 6 toneladas, sin fluctuaciones de carga ni desperdicios identificados.

Un sistema industrial Lean es aquel que posee una alta performance y que procura erradicar toda fuente de desperdicio. Descubre continuamente en toda empresa aquellas oportunidades de mejora que están escondidas, pues siempre habrá desperdicios susceptibles de ser eliminados.

Dentro de los desperdicios que suelen existir, el **95% de los desperdicios se encuentran en 7 desperdicios.** (Ilustración 18)

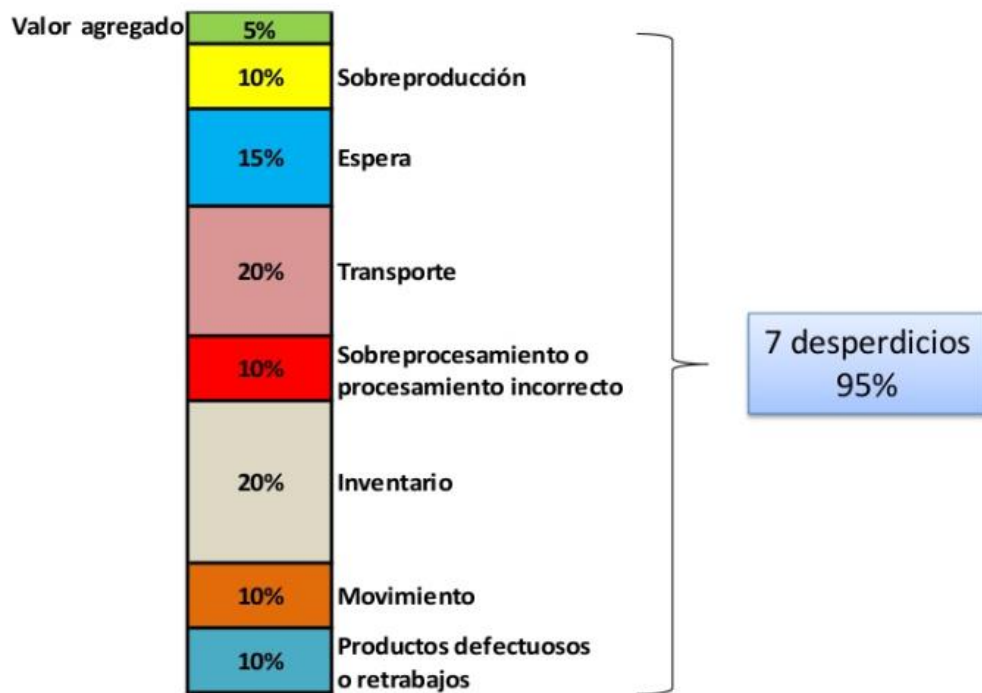


ILUSTRACIÓN 18 . % DESPERDICIOS

### 2.3.1. Productos defectuosos o retrabajos.

Producción de partes defectuosas, reparaciones o retrabajo, scrap, reemplazos en la producción e inspección significan manejo, tiempo, y esfuerzo desperdiciado. [8][7]

Un poka-yoke (en japonés, a prueba de errores) es una técnica de calidad que se aplica con el fin de evitar errores en la operación de un sistema.

Lo que se busca con esta forma de diseñar los procesos es eliminar o evitar equivocaciones, ya sean de origen humano o automatizado. Este sistema se puede implantar también para facilitar la detección de errores.

La Ilustración 19, muestra un ejemplo de poka yoke, donde el diseño sólo permite conectar las piezas de la forma correcta. Si lo intentas encajar al revés o en un sitio equivocado las piezas no encajarán.



Si nos centramos en las operaciones que se realizan durante la fabricación de un producto, estas pueden tener muchas actividades intermedias y el producto final puede estar formado por un gran



ILUSTRACIÓN 19 EJEMPLO POCAYOKE



número de piezas. Durante estas actividades, puede haber ensamblajes y otras operaciones que suelen ser simples pero muy repetitivas. En estos casos, el riesgo de cometer algún error es muy alto, independientemente de la complejidad de las operaciones. Los “Poka-Yokes” ayudan a minimizar este riesgo con medidas sencillas y baratas.

La colocación del poka-yoke tiene que estar lo más cercano posible, a la generación del error, para poder disminuir el número de piezas implicadas con este defecto. (Ilustración 20).

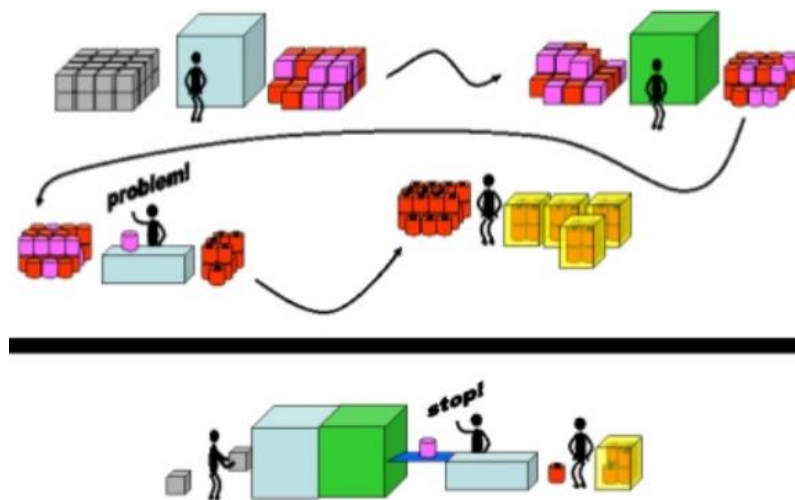


ILUSTRACIÓN 20 POCAYOKE PRÓXIMO A DEFECTO A CONTROLAR

Las ventajas usar un sistema Poka-Yoke son las siguientes: [7]

- Se elimina el riesgo de cometer errores en las actividades repetitivas (producción en cadena...) o en las actividades donde los operarios puedan equivocarse por desconocimiento o despiste (montaje de ordenadores...).
- El operario puede centrarse en las operaciones que añadan más valor, en lugar de dedicar su esfuerzo a comprobaciones para la prevención de errores o a la subsanación de los mismos.
- Implantar un Poka-Yoke supone mejorar la calidad en su origen, actuando sobre la fuente del defecto, en lugar de tener que realizar correcciones, reparaciones y controles de calidad posteriores.
- Se caracterizan por ser soluciones simples de implantar y muy baratas.

El concepto de Poka-Yoke tiene como misión apoyar al trabajador en sus actividades rutinarias. En el caso en que el dispositivo forme parte del funcionamiento de una máquina, es decir, que sea la máquina la que realiza

las tareas, estaremos hablando de otro concepto similar: *jidoka* (automatización “con un toque humano”).

### 2.3.2. Movimientos innecesarios.

Cualquier movimiento innecesario hecho por el personal durante sus actividades, tales como mirar, buscar, acumular partes, herramientas, etcétera. Caminar también puede ser un desperdicio. [7][8]

Como forma de eliminarlos, surge la estrategia kaizen denominada *block allocation* de equilibrado de puestos, que consiste en reagrupar las operaciones de un operario sobre una misma zona (vehículo, palets...). Se trata de una reagrupación de puestos, donde simplificamos el ámbito de trabajo lo más posible.

Simplificando aún más con el *full-kitting*, donde los operarios no tienen ni que elegir las piezas, ni manipular, ni desplazarse y aporta una alta flexibilidad a todos los cambios.

Para ganar en productividad sobre la cadena (mano de obra directa), se posicionan los kits de piezas en proximidad que nos lleva a disminuir los desplazamientos, provocando una concentración incrementada sobre las operaciones de montaje y no sobre la elección de la pieza.

A la hora de trabajar sobre el *full kitting*, trabajo sobre el kit, con el equilibrado de los operarios de fabricación y los preparadores de kits, trabajando el flujo secundario. Para poder conseguir un buen funcionamiento del *full kitting*, tengo que trabajar hasta conseguir un kit performance, donde:

- La colocación de las piezas en el kit está estandarizada
- La colocación de las piezas en el kit es coherente con la secuencia de montaje
- Las piezas son visibles en el kit
- El kit está concebido de tal manera que evite todo riesgo de caída de las piezas
- Las piezas sensibles son protegidas para evitar los riesgos de choque
- El acceso al kit es fácil y no presenta obstáculo en borde de línea (ej: bacs de stockage...)
- La colocación del o de los kit(s) permite la toma de las primeras piezas sobre el trayecto hacia el vehículo siguiente
- El kit está próximo a la línea y las piezas están al alcance de la mano. (Ilustración 21)



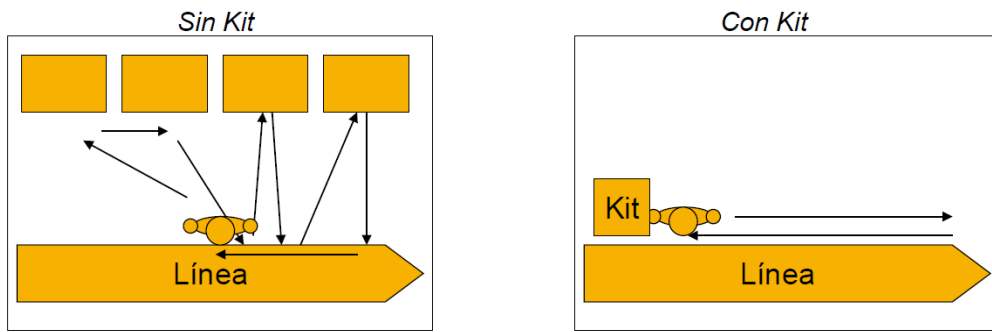


ILUSTRACIÓN 21 KIT ACOMPAÑA AL FLUJO

- Para ganar en compactabilidad de línea: Hacer trabajar a más operarios sobre un mismo paso de trabajo. El número de pasos de trabajo necesario para una línea disminuye generando líneas más cortas. (Ilustración 22)

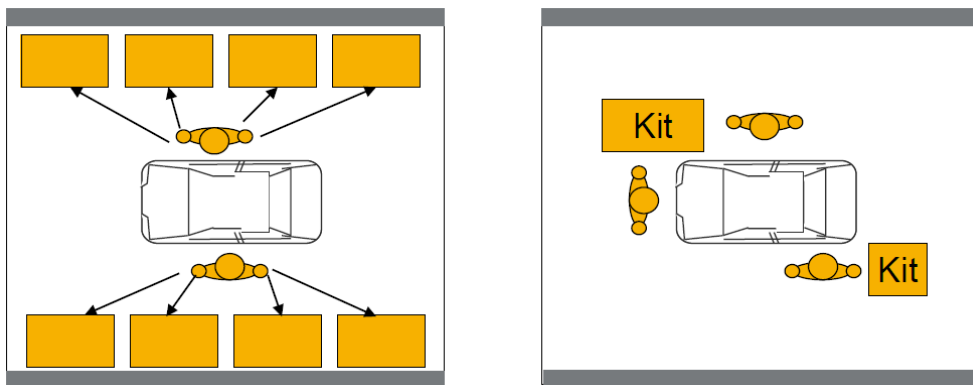


ILUSTRACIÓN 22. KITS COMPACTOS

- Para mejorar las condiciones de trabajo: Los bordes de cadena están despejados (menos piezas en línea). Los operarios ya no están aislados. (Ilustración 23)



ILUSTRACIÓN 23 BORDES DE CADENA DESPEJADOS

- Para ganar en flexibilidad: Adaptación rápida del proceso a un cambio de cadencia. Adaptación rápida del proceso a un nuevo vehículo / nueva versión. (Ilustración 24)

### *Diversidad*



ILUSTRACIÓN 24 DIVERSIDAD

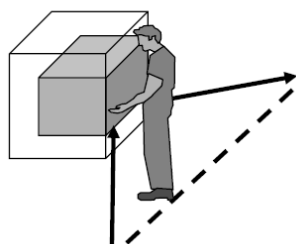
- Para ganar en Calidad: Limitar los riesgos de errores para los operarios de cadena (el kit contiene la pieza buena). Limitar los riesgos de errores para los preparadores de kits. El kit es preparado con mobiliario con ayuda a la elección. (Ilustración 25)



ILUSTRACIÓN 25 KITS CON CALIDAD

- Para ganar en Ergonomía: El operario de cadena, como el preparador de kits, trabajan con las piezas buenas, trabajan en la Strike Zone, y las piezas pesadas están bien posicionadas y próximas al operario. (Ilustración 26)

Trabajo en strike zone



Kit adaptado para las piezas pesadas

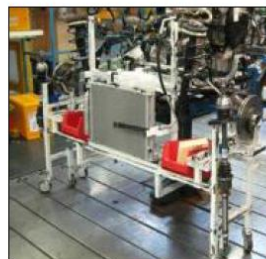


ILUSTRACIÓN 26 KITS ERGONÓMICOS

### 2.3.3. Inventario.

El exceso de materia prima, inventario en proceso o productos terminados, causan largos tiempos de entrega, obsolescencia de productos, productos dañados, costos por transportación, almacenamiento t retrasos. También el inventario oculta problemas tales como producción desnivelada, entregas retrasadas de los proveedores, defectos, tiempos caídos de los equipos y largos tiempos de arranque.[7][8]

Al mismo tiempo se necesita personal para cuidarlo, controlarlo y entregarlo cuando sea necesario.

El exceso de inventario no deja de ser un “colchón” que te protege, de todas las anomalías que no sabes-quieres corregir y las cuales te pueden llevar a no dar a tiempo la entrega al cliente o tu propia fábrica. Este exceso de inventario te lleva a ocultar los problemas y no llegar a una solución de estos. (Ilustración 27)

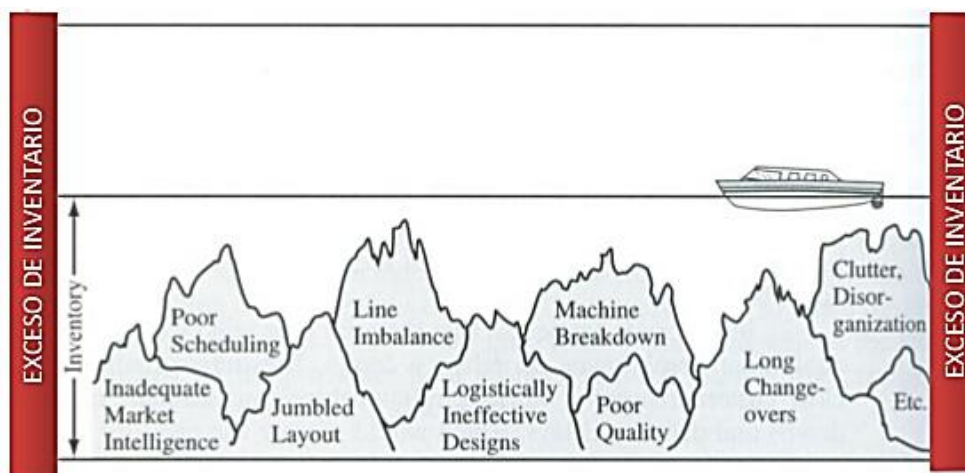


ILUSTRACIÓN 27 INVENTARIO COMO FORMA DE OCULTAR PROBLEMAS



Basándonos en el principio del JAT (Just a Time), organizamos la producción de tal manera que el cliente no tenga necesidad de esperar y que, para satisfacerlo, no tengamos necesidad de stock. (Ilustración 28)

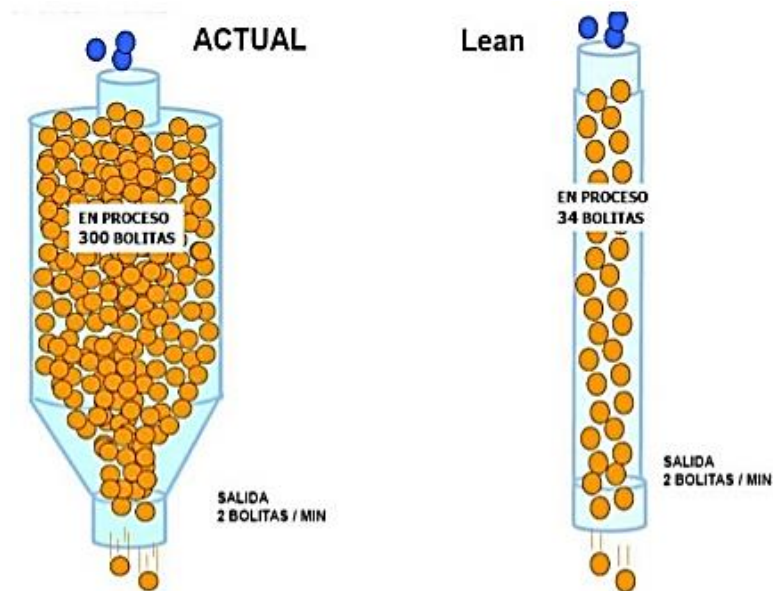


ILUSTRACIÓN 28 MINIMO STOCK EN PROCESO

Una fabricación con un número elevado de piezas en flujo, es denominada fabricación por lotes o producción desacoplada.

Este tipo de fabricación nos lleva a falta de transparencia en el proceso, con problemas ocultos por el stock, con defectos descubiertos tarde y afectando a un volumen elevado, con esperas, una elevada falta de comunicación entre puestos, elevada falta de enfoque al cliente interno, y plazos de entregas elevados.

Una fabricación de una sola pieza, denominada fabricación acoplada, el proceso se vuelve transparente y las operaciones y los procesos acoplados, lo cual incrementa la productividad. La gran reducción del stock, da una mayor dependencia de la eficiencia de los equipos, con una mayor flexibilidad requerida, una cadencia equilibrada, plazos de entrega cortos y defectos detectados de inmediato.

Dos grandes nociones de tiempo en el JAT: (Ilustración 29)

A) **La fecha: estar a la hora.**

Aspecto logístico de Justo a Tiempo. El tiempo que requiere producir un componente es grabado y monitorizado, y se sigue mediante el indicador de **Takt-Time**, y se coordinan a través de una programación detallada denominada Heijunka. Esta programación se asegura de que las líneas de producción se muevan sin contratiempos, incluso cuando diferentes



productos están siendo fabricados simultáneamente en la misma línea de producción.

La palabra *takt time* viene del alemán *taktzeit* que es tiempo de ciclo, pero a diferencia del tiempo de ciclo que conocemos, éste mide el ritmo de trabajo en una planta de manufactura.

El *takt time* es el ritmo en que los productos deben ser completados o finalizados para satisfacer las necesidades de la demanda.

$$Tack - Time = \frac{\text{Tiempo disponible de trabajo}}{\text{Demanda del cliente}} = \left( \frac{\text{tiempo}}{\text{unidad}} \right)$$

ECUACIÓN 1 TACK-TIME

Beneficios del Takt time:

- Identifican los cuellos de botella con anticipación
- Mayor conocimiento de ritmos de producción y permite dar alertas al negocio.
- Nos da un una métrica que nos ayuda a eliminar actividades que no agregan valor.
- Se puede implementar en manufactura y en la parte administrativa como ejemplo en los call center.

Por ejemplo, si fabricamos televisores y tenemos un takt time de 8 min quiere decir que cada 8min debemos tener finalizado un televisor para ser vendido. Este ritmo de fabricación se da debido a que las ventas de la compañía o el pronóstico nos indican la cantidad necesaria a fabricar (80 unids)y esta debe ser fabricada en el tiempo disponible de manufactura (540 min), de ahí viene que requerimos fabricar cada 8 minutos un televisor.

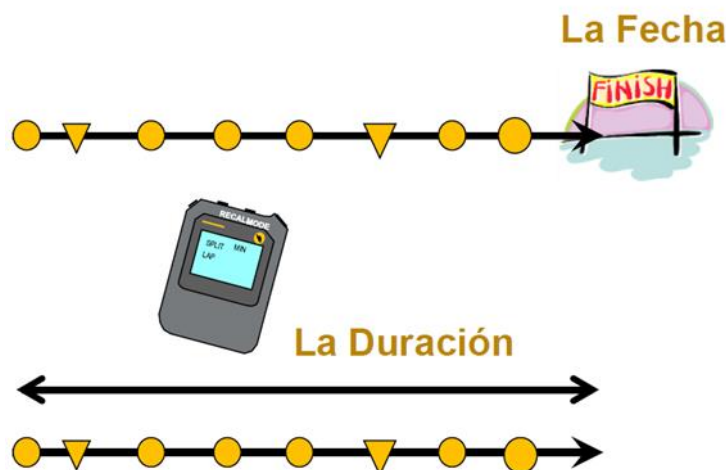


ILUSTRACIÓN 29 NOCIONES DE TIEMPO EN JAT

B) La duración: Producir o dar un servicio en un mínimo de tiempo.

Aspecto económico de Justo a Tiempo. El cual será medido mediante 2 indicadores: (Ecuación 2)

$$\begin{aligned} \text{Lead Time} &= \frac{\text{Numero de piezas en stocks y procesos(piezas)}}{\text{demanda cliente} \left( \frac{\text{piezas}}{\text{tiempo}} \right)} \\ &= \text{tiempo de flujo(tiempo)} \end{aligned}$$

#### ECUACIÓN 2 LEAD-TIME

Este indicador de Production lead Time es el tiempo que un producto requiere para ser producido. Puede decirse que desde que genera la orden de fabricación hasta que esté terminado. Esta métrica contempla tiempo de actividades sin valor agregado como por ejemplo tiempo que estuvo en inventario en proceso. (Ecuación 3)

$$\text{Rendimiento de proceso} = \frac{\text{Tiempo de transformación}}{\text{Lead time}} = (\%)$$

#### ECUACIÓN 3 RENDIMIENTO DE PROCESO

### 2.3.4. Sobreprocesamiento o procesamiento incorrecto:

No tener claro los requerimientos de los clientes causa en la producción se hagan procesos innecesarios, los cuales agregan costos en lugar de valor al producto. (Ilustración 30)[7]

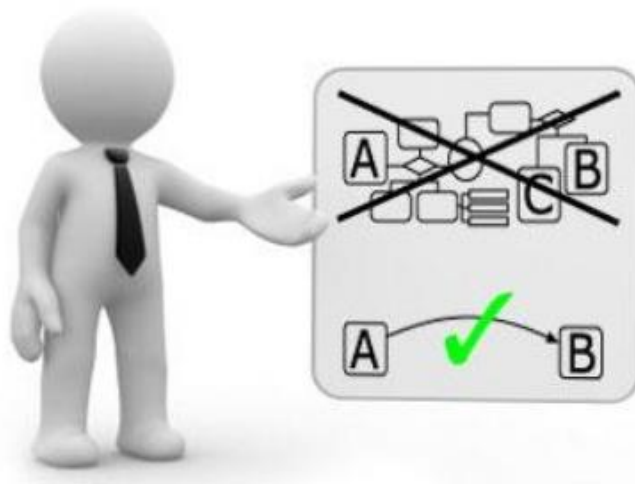


ILUSTRACIÓN 30 ESQUEMA SIMPLIFICACIÓN FLUJOS

### 2.3.5. Transporte innecesario:

El movimiento innecesario de algunas partes durante la producción es un desperdicio. Esto puede causar daños al producto o a la parte, lo cual crea retrabajo. [7]

### 2.3.6. Espera:

Los operarios esperan observando las maquinas trabajar o esperan por herramientas, partes, etcétera. Es aceptable que la máquina espere al operador, pero es inaceptable que el operador espere a la maquina o a la materia prima. [7]

El término cuello de botella puede hacer referencia en un proceso productivo, una fase de la cadena de producción más lenta que otras, que ralentiza el proceso de producción global. El cuello de botella determina la cantidad de piezas posibles después de un determinado periodo de tiempo.

Se refiere a una actividad (o conjunto de actividades) que limita la capacidad de producción y en consecuencia el tiempo de ciclo del proceso. Es importante recordar que no necesariamente la actividad que requiere mayor tiempo para ser ejecutada en un proceso será el cuello de botella, ya que dependerá de otros factores como el número de piezas de pasan por esa operación. En un Proceso Productivo pueden existir actividades en paralelo con diferentes datos de capacidad.

### 2.3.7. Sobreproducción:

Producir artículos para los que no existían órdenes de producción, producir producto antes de que el consumidor lo requiera, lo cual provoca que las partes sean almacenadas y se incremente el inventario, así como el costo de mantenerlo. [7]

## 2.4. MÉTODO DE RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS LEAN

Se basa en métodos de resolución aplicados en la mejora continua, donde existe la mentalidad de “hacerlo bien a la primera”, deteniendo el proceso siempre que se detecta alguna anomalía, detectando la causa raíz, aplicando la medida correctiva que impida volver a aparecer el mismo problema, y nunca considerando que el proceso de mejora ha terminado. [2]

Todo proceso de mejora continúa está formado de 6 etapas:

**Etapas 0: Comprender los Objetivos.**

**Etapas 1: Diagnosticar y cuantificar la situación actual.**

**Etapas 2: Definir el *Want to Be condition* con todas las funciones implicadas, persiguiendo la sincronización sin fin con el cliente (*neverending*).**

**Etapas 3: Determinar la situación objetivo alcanzable (intermedia) y establecer los objetivos de los KPI (*key performance indicator*) basándose en los *benchmarks*.**

**Etapas 4: Identificar los problemas a resolver, a partir de la diferencia entre la situación actual y la situación objetivo.**

**Etapas 5: Construir y aplicar el Plan de Acciones, basándonos en las mejores prácticas y *benchmarks*, que se traducirán en mejoras para transformar la situación actual en el *WtBc*(*Want to be condition*).**

**Etapas 6: Repetir las etapas (1) a (5) para garantizar una mejora continua.**

Este proceso se descompone en dos partes, KAIKAKU, (cambio radical) y KAIZEN (continuar permanentemente buscando eliminar todo tipo de desperdicio, incrementando el valor y mejorando el proceso), (Ilustración 31).



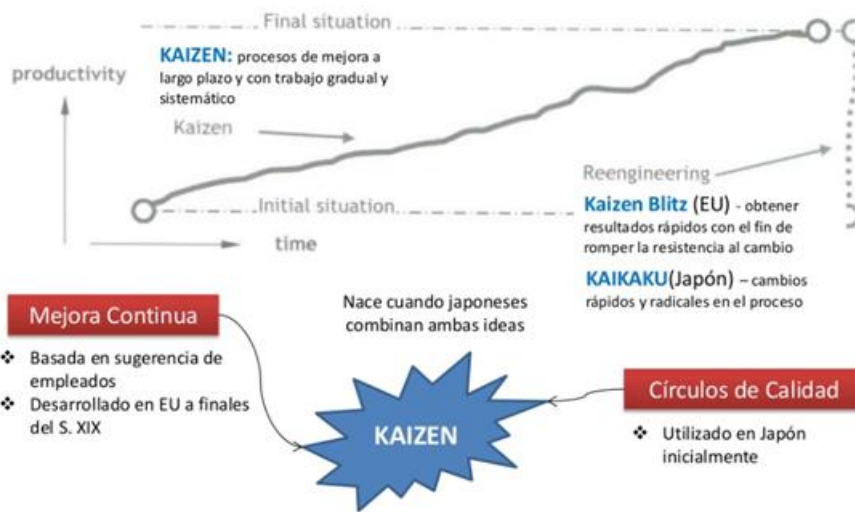


ILUSTRACIÓN 31 KAIZEN

Los 10 mandamientos del Kaizen son: [2]

1. Deshacerse de ideas preconcebidas
2. No buscar excusas, buscar soluciones
3. No defender la situación actual, ponerla en cuestión
4. Es mejor hacer bien rápido, que perfecto más tarde.
5. Si algo no marcha, corregirlo inmediatamente
6. Buscar soluciones que no cuesten nada
7. Los problemas son la fuente de las ideas
8. Para encontrar las verdaderas causas, preguntarse 5 veces «¿porqué?»
9. Las ideas de 10 personas valen más que los conocimientos de una sola
10. Siempre podemos mejorar.

Entre los métodos de resolución y análisis que existen en la metodología Lean, destacamos el análisis de 4 cajas, los diagramas de flujos y el VSM (*Value Stream Mapping*).

### 2.4.1. Análisis 4 cajas

El análisis de 4 cajas construye el esquema del sistema de partida y el sistema objetivo a alcanzar.[2]

Se basa en el análisis de la situación actual, con los resultados obtenidos con este sistema de trabajo, y la idealización del sistema que queremos alcanzar con los resultados a los que se quiere llegar.

Analiza la rentabilidad y la competitividad del sistema. **Rentabilidad** como performance económica y/o financiera (ej: Ganancia de 1 euro por pieza). **Competitividad** como performance “Calidad-Coste-Plazo-Velocidad” de los procesos, que nos permite compararnos con los mejores. (ej: Chatarra/MU, piezas por persona, tiempo de proceso de fabricación, ...) (Ilustración 32)

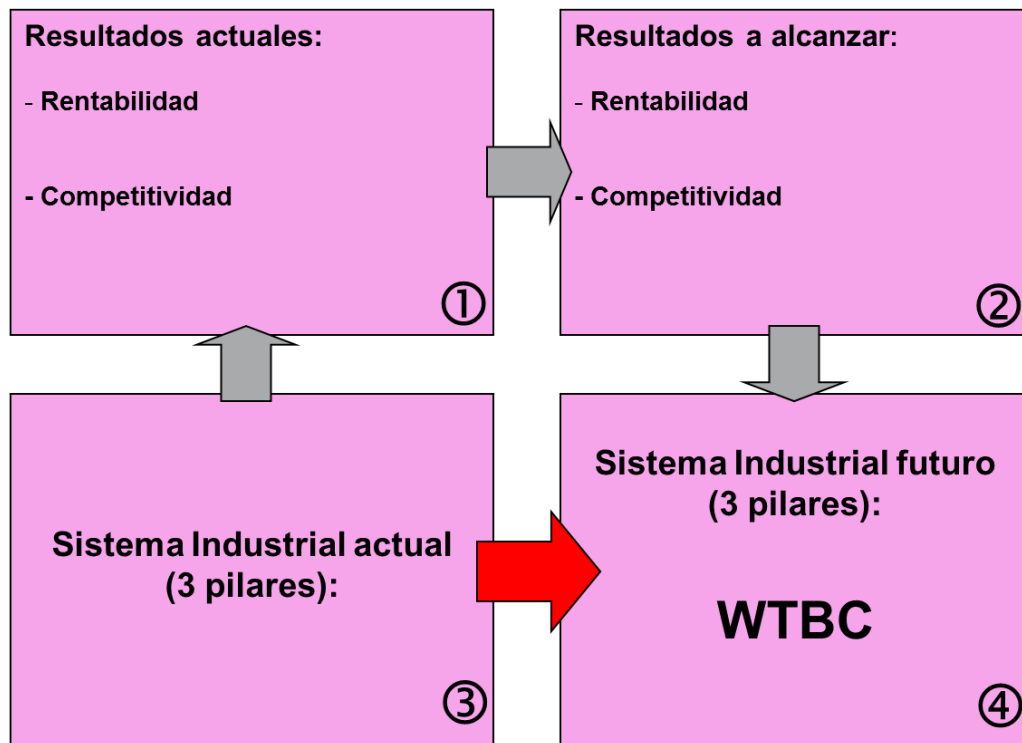


ILUSTRACIÓN 32. ESQUEMA 4 CAJAS

## 2.4.2. Diagrama de flujos

Un diagrama de flujos es una representación gráfica del flujo del proceso. También se puede integrar el diagrama de flujo de datos, para la visualización de procesamiento de datos. [2]

Se trata de una forma de analizar el sistema, simplificando todos los flujos, tanto primarios, secundarios y de información.

Se genera mediante la simplificación de las operaciones y movimientos por medio de símbolos. (Ilustración 33).

La simplificación del flujo siempre llevará a un proceso más sencillo, y una minimización del no valor añadido.

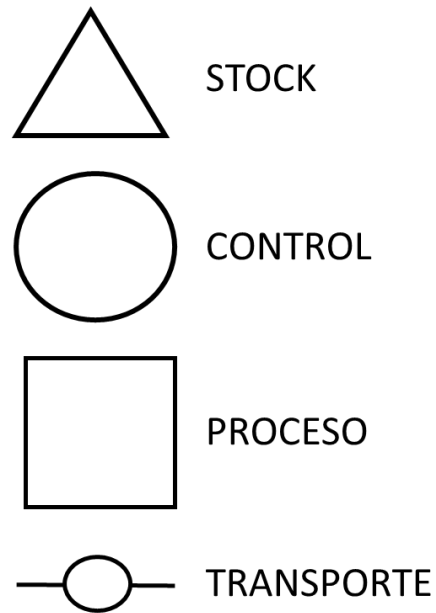


ILUSTRACIÓN 33 SIMBOLOS DEL DIAGRAMA

## 2.4.3. Value Stream Mapping (VSM).

El *Value Stream Mapping* (VSM) es una herramienta de diagnóstico visual para identificar los macro-despilfarros sobre toda la cadena de valor y no sobre un proceso aislado [2]

Incluye a la vez, las operaciones con valor añadido y sin valor añadido, el flujo del producto y los flujos de información.

Cabe destacar que Takt Time es crucial calcularlo en VSM ya que nos proporciona información de donde en el proceso debemos hacer mejoras para lograr satisfacer la demanda del cliente y de esta forma se puede hacer el Value Stream Map futuro.

Esto se realiza mediante la comparación de Takt time vs el tiempo que se requiere para producir un producto o lead time. En el Value Stream Map la comparación del Lead time con takt time nos da indicaciones donde es el verdadero cuello de botella.

Nos ayuda a identificar las grandes familias de despilfarros con respecto a los objetivos y definir el perímetro de estudio. (Ilustración 34)



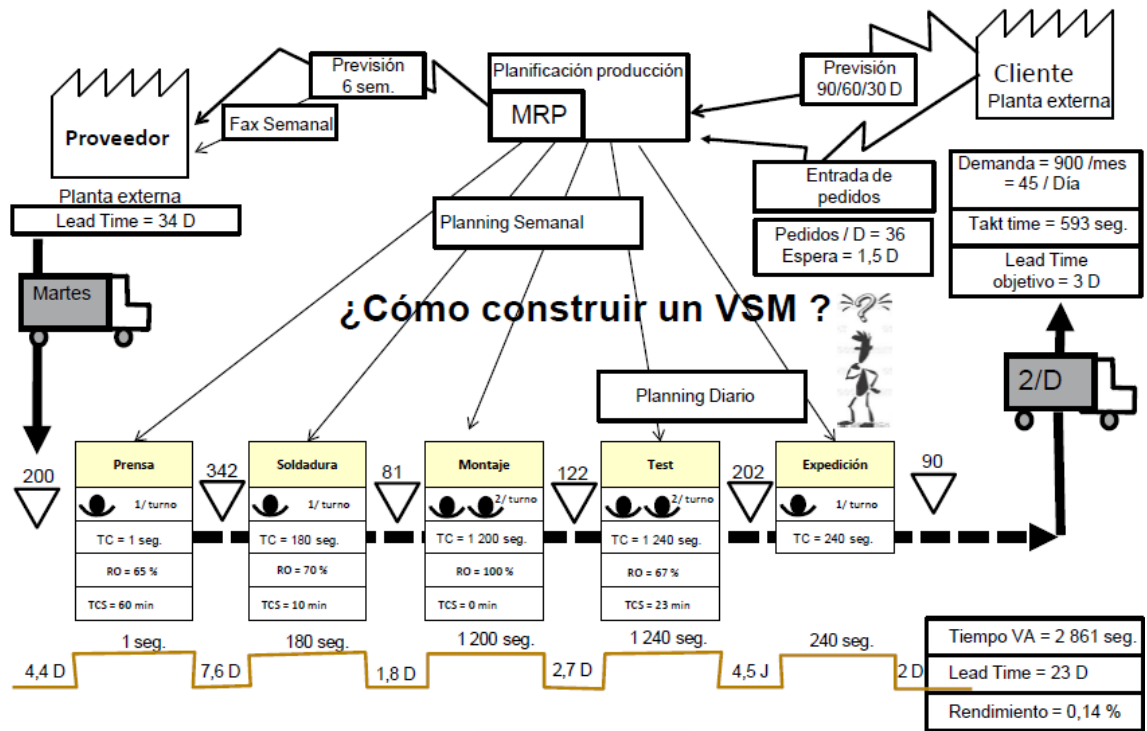


ILUSTRACIÓN 34 EJEMPLO DE VSM

En una única plantilla, se obtiene el análisis de la cadencia que proporciona, los proveedores, cada zona de nuestra línea, y la cadencia solicitada por el cliente.



## 2.5.SIX-SIGMA

Tradicionalmente el ahorro de costos se enfocaba solamente en las cosas que agregan valor, el pensamiento Lean se enfoca en las cosas que NO agregan valor. [8][9]

El Lean reduce los desperdicios e incrementa la velocidad y simplifican los procesos. Se basa en la filosofía de “bien hecho a la primera”, se transforma el producto y se agrega valor al cliente.

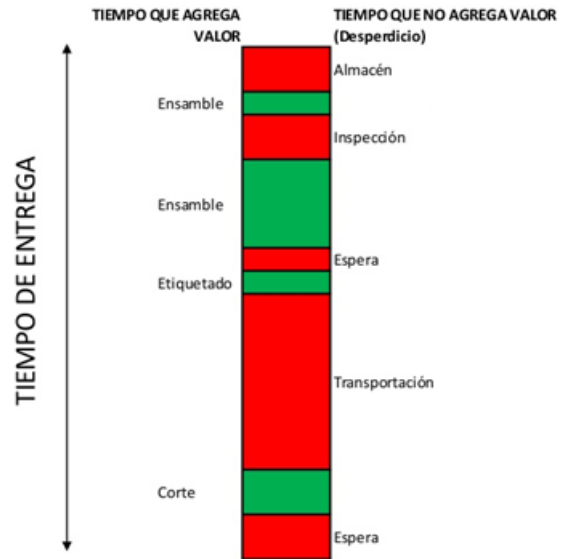


ILUSTRACIÓN 35 ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR FRENTE A ACTIVIDADES QUE NO AGREGAN VALOR

El Six Sigma realiza el análisis objetivo basado en hechos y datos utilizando herramientas estadísticas. Mejora el desempeño controlando la variabilidad y centrando el proceso dentro de las especificaciones del cliente. Reduce defectos mediante la solución efectiva de problemas. (Ilustración 35)

De la unión de ambos, resulta el Lean Six Sigma, el cual el Lean acelera el Six Sigma, solucionando problemas y simplificando procesos más rápidamente y eficiente.

La fusión de Lean y SixSigma es necesaria, ya que, el Lean no puede poner a un proceso bajo control estadístico, y el SixSigma por sí mismo, no puede mejorar la velocidad del proceso o reducir la inversión de capital.



ILUSTRACIÓN 35 LEAN + SIX SIGMA





# PARTE II: “APLICACIÓN PRÁCTICA DE MODIFICACIÓN LEAN”





## CAPÍTULO 1: PROCESO DE FABRICACIÓN Y TALLER DE REGLAJE

El equipo de LEAN Manufacturing se encarga de identificar y eliminar todas las actividades que no aportan valor añadido al producto ni al proceso. La filosofía LEAN busca eliminar todo aquello que no tiene un efecto positivo, una ganancia, sobre la producción. Se puede realizar un estudio LEAN de cualquier actividad, lo importante es cuestionar el motivo de todo lo que se hace para identificar aquello que es inútil en el proceso. El paso clave es la observación e identificación de las tareas mejorables.

Este estudio se realiza en el ambiente del equipo LEAN del departamento de Mejora Continua en colaboración con los equipos de fabricación, ingeniería, informática y equipo de reglaje de las líneas de fabricación de piezas prismáticas.

**En concreto, se busca la implementación del servicio del taller de reglaje en las líneas de mecanizado de piezas para motor dentro de una factoría del sector automovilístico.**

El servicio de reglaje existe, y se desarrolla en un taller con un operario que controla el stock y trabajo de herramientas. El cambio de herramientas de las maquinas en las líneas, es desarrollado por un equipo de mantenimiento.

En esta primera parte se van a introducir los conceptos básicos del producto fabricado en estas líneas, piezas para motores para vehículos. También se describirán de manera general su proceso de fabricación.



## 1.1. El proceso de fabricación de la culata

En su proceso de fabricación, se alimenta a las líneas con unas piezas de aluminio procedentes de fundición. La elección del aluminio frente al acero viene justificada por el menor peso de las piezas fabricadas por el primer material. La culata se asemeja a un paralelepípedo.

Los procesos industriales de una línea de mecanizado se suelen dividir en dos partes: desbaste y acabado, una tercera de montaje de pequeños componentes y zonas de lavado.

Una línea de producción de culatas se encarga de transformar el producto bruto proveniente de la fundición en el producto final listo para ser montado en el conjunto motor.

Las culatas brutas proveniente de la fundición de aluminio se cargan de manera automática a las cintas transportadoras de la línea. Las cintas transportadoras se encargan de transportar las culatas entre operaciones sobre rodillos. No existe ningún punto de stock intermedio a lo largo de la línea. Los únicos puntos de extracción de piezas están destinados a sacar piezas para realizar mediciones de cotas e inspecciones visuales, habitualmente tras cambiar herramienta que ha llegado a su fin de ciclo por herramienta reglada.

Las culatas brutas se atornillan sobre unas bases de acero, denominadas adaptadores. Esto facilita su transporte y sujeción en los centros de mecanizado a la hora de trabajar. A cada una de las culatas se le realiza un marcado Datamatrix que permite identificarla a lo largo de todo su ciclo de vida (Ilustración 37).

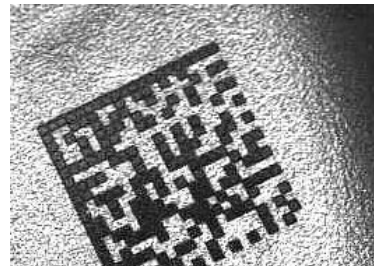


ILUSTRACIÓN 37 MARCADO  
DATAMATRIX

A continuación, comienza el tramo que comprende todas las acciones de mecanizado sobre las distintas caras de la culata. Que tienen lugar en varias operaciones de mecanizado que tienen lugar en centros con simple o doble electrohusillo. (Ilustración 38).



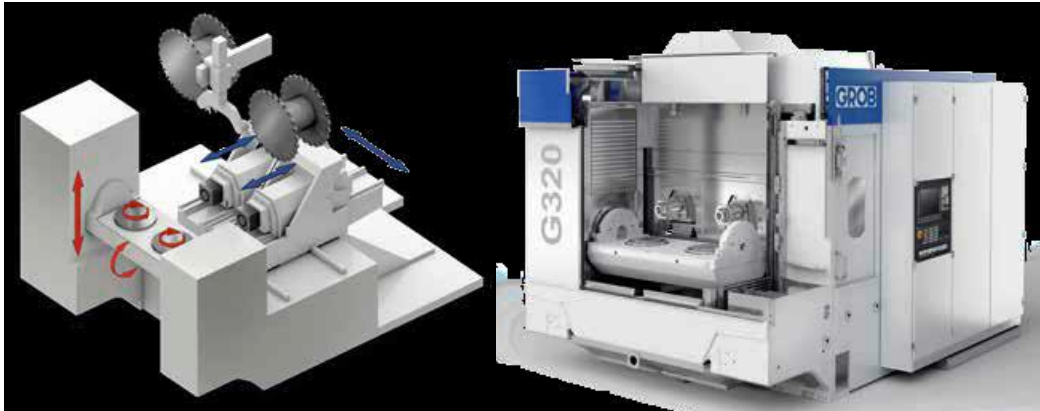


ILUSTRACIÓN 38 CENTRO DE MECANIZADO DE DOBLE ELECTROHUSILLO Y CENTRO DE MECANIZADO

La ventaja que tienen los centros de mecanizado con doble husillo es que permiten trabajar con dos culatas simultáneamente reduciendo a la mitad el tiempo de ciclo. Cada uno de los electrohusillos trabaja con la herramienta correspondiente sobre una de las culatas montadas en la cámara de mecanizado.

Se refrigera el punto de corte con fluido que a su vez facilita el desalojo de la viruta formada. Multitud de estudios se realizan para controlar la producción de viruta, sus dimensiones y su evacuación por las canalizaciones. Ya se ha comentado que el mecanizado consiste en un arranque de material, en este caso viruta metálica, de una pieza bruta para conseguir una geometría concreta y precisa en el producto final.

La primera fase de desbaste sirve para que las dimensiones se acerquen mucho a las cotas deseadas, es en la que se retira más material de la pieza, sus herramientas tienen que ser más resistentes y lógicamente la cantidad de viruta producida es mayor. En el acabado final se consiguen las exigencias superficiales del producto.

El mecanizado produce virutas de aluminio por el corte de la herramienta sobre la superficie bruta. Los regados de líquido refrigerante contribuyen a la limpieza de esa viruta, pero para garantizar la calidad de la siguiente operación se lavan las piezas en grandes lavadoras industriales a alta presión. Se cuenta con tres de estas lavadoras distribuidas entre las operaciones de mecanizado de las líneas

Las últimas operaciones atañen a diversos montajes: bolas, tapones, copelas y semiconos. Estas máquinas no van a influir demasiado en el proyecto porque no están formadas de herramientas de mecanizado, y pasan transparentes para el centro de reglaje.

Por último, se cuenta con los controles de calidad del producto terminado que se realizan al 100% de las culatas fabricadas en la línea. Se controla el correcto



ensamble de las copelas y la estanqueidad de los circuitos de refrigeración y lubricación. Esta estanqueidad se comprueba midiendo el flujo de aire que se “escapa” cuando se aporta por la entrada del circuito aire a muy alta presión. La cantidad de aire que se puede escapar es un límite muy restrictivo que asegura el óptimo funcionamiento de las culatas.

En la zona de control final, hay una lectura 100% de la trazabilidad de las culatas de forma automática. Donde, se lee, el recorrido que ha tenido la pieza durante el proceso, y se asocia al número de pieza.

Las tres líneas actuales de mecanizado de culatas están formadas por 25 operaciones diferentes que contienen herramientas de mecanizado. Dentro de cada operación, el número de máquinas se encuentra duplicadas para poder dar más producción. Con un total de 88 centros de mecanizado, que agrupan un conjunto de herramientas cada uno. (Ilustración 39)

En las líneas de mecanizado, al ser líneas flexibles, pueden producir diferentes referencias de piezas, activando en cada caso la herramienta necesaria por cada referencia.

Hay 2 salas de medición de piezas, las cuales garantizan la idoneidad dimensional de las piezas fabricadas.

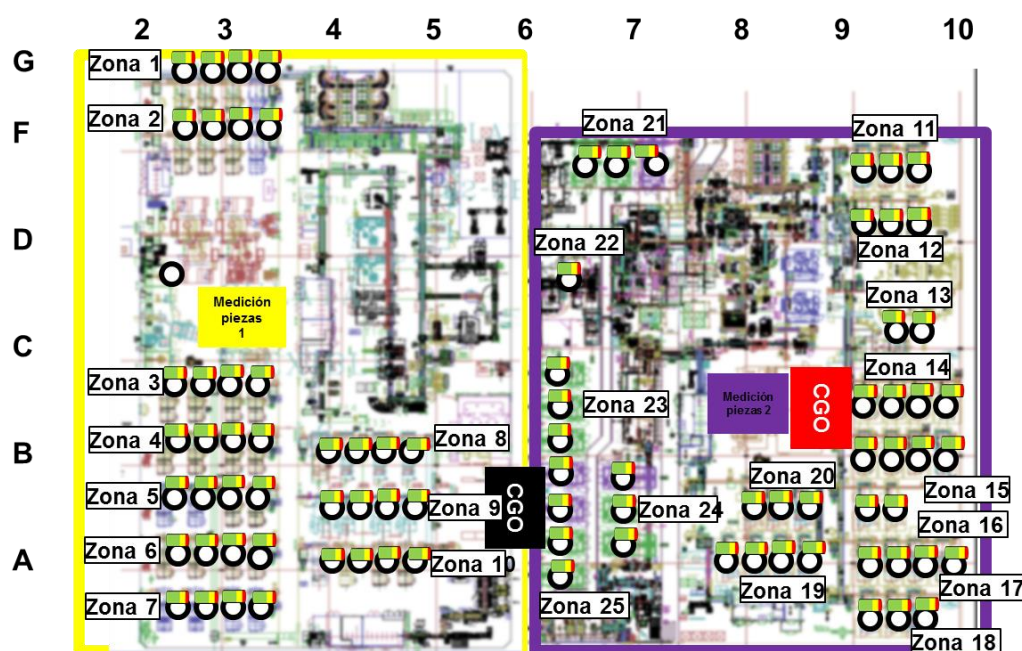


ILUSTRACIÓN 39 LINEAS DE MECANIZADO

## 1.2 Taller de reglaje de herramientas

El taller de reglaje (CGO) es el encargado de realizar el mantenimiento y la puesta a punto de las herramientas de todo el taller de mecanizado. También, tiene la función de almacenar el stock de herramientas, y proporcionar al equipo de cambio de herramientas, las herramientas a utilizar.

Esta formado por un equipo que trabajan a 3 turnos los 7 días de la semana. Con lo que forma parte de un servicio de guardia ante las anomalías y obsolescencias de la línea.

El modo de funcionamiento actual es:

1. El operario de cambio de herramienta va al CGO con las herramientas nok las deja en la zona de stock, y coge las herramientas ya regladas para introducirlas en los centros de mecanizado.
2. El operario de reglaje realiza el mantenimiento de las herramientas según criterio propio, con el único fin de tener todas las herramientas regladas.
3. Para reglar las herramientas, el operario de reglaje, tiene una zona de montaje y desmontaje de la herramienta. En esta operación, el operario desecha todas las piezas ya gastadas, y prepara la herramienta para poder ser reglada.
4. Para reglar la herramienta, el operario tiene a su disposición 3 máquinas donde poder ajustar dimensionalmente la herramienta.
5. Por último, el operario identifica la herramienta como reglada, y la coloca en el stock de la sala.

Para transportar la herramienta en la sala, hay carros de herramientas, los cuales sirven también para llevar las herramientas al taller.

Hay una zona, con armarios para stock de componentes que se montan en las herramientas, y la operación de montaje se realiza sobre una mesa de trabajo.

(Ilustración 40)



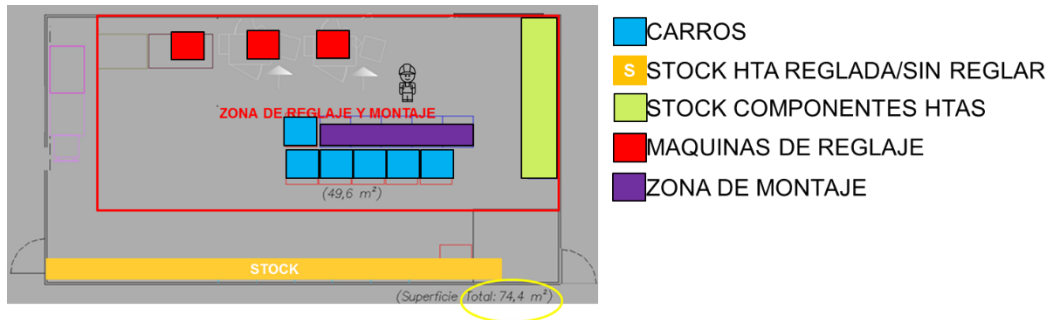


ILUSTRACIÓN 40: SALA DE REGLAJE ANTEPROYECTO

Las herramientas tienen un frecuencia de vida, dependiendo del tipo de herramienta y las condiciones de trabajo. En el inicio de proyecto, la contabilidad de la vida de cada herramienta se realiza en las pantallas de lectura de cada máquina. De tal forma que el modo de control para los operarios de cambio de herramienta era, ir a todas las pantallas de lectura para poder saber si es necesario cambiar o no la herramienta.

Para poder anticiparse a los cambios de herramienta, es necesario dividir la vida de herramienta en tres fases:

1. Zona verde: vida de herramienta óptima. (hasta 16 horas antes del fin de vida).
2. Zona amarilla: es necesario tener la herramienta lista para ser usada (hasta 8 horas antes del fin de vida)
3. Zona roja: es necesario cambiar la herramienta. (de 8 a 0 horas antes del fin de vida).

En el inicio del proyecto, el operario al finalizar el turno, todas aquellas herramientas que les faltaban menos de 16 horas para ser cambiadas, informaba al CGO para comprobar que estuvieran ya regladas. Aquellas herramientas que estuvieran a menos de 8 horas del fin de vida, se encargaban durante su turno de trabajo (8 horas), en cambiarlas.

(Ilustración 41)



### Estado cambia a rojo

1. Pedir a taller reglar herramienta
2. Coger herramienta de taller
3. Ir a la maquina a cambiar la nok por la ok

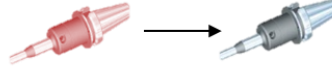


ILUSTRACIÓN 41 CAMBIO DE HERRAMIENTA

Hay herramientas, que realizan mecanizados de riesgo, y debido a sus acabados y especificaciones en plano, deben ser controladas las piezas mecanizadas en cada cambio de herramienta.

Un cambio de herramienta para este tipo de mecanizado debe ser validado con la medición de una pieza y su conformidad. (Ilustración 42).

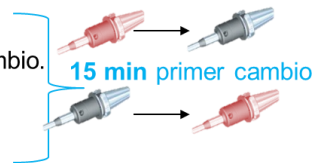
Para ello, se realizará el cambio de herramienta, se hará una pieza con esta herramienta, se llevará la pieza a medir a la sala de metrología 3D, y tras comprobar su conformidad en el informe se validará el cambio de herramienta.

Este proceso es lento, ya que medir piezas en sala 3D, puede tardar hasta 1 hora, con lo que, si dejamos el centro de mecanizado sin la herramienta durante 1 hora, se perderá todo este tiempo de producción. Para ello, se calcula el cambio de herramienta 1 hora antes de lo esperado, y se deja entre el periodo de mecanizado de la primera pieza y la conformidad de la pieza, la herramienta anterior (ya validada, cuando se puso por primera vez), para poder seguir fabricando piezas.



### Estado cambia a rojo

1. Ir a la maquina
2. Cambiar la hta nok → hta ok
3. Esperar la primera pieza después de cambio.
4. Coger la pieza
5. Cambiar la hta ok → hta nok
6. Ir a la sala 3D
7. Esperar el informe **El operario va cambiando otras htas**
8. Ir a la sala 3D para coger el informe y la pieza
9. Ir a la máquina
10. Cambiar la hta nok → hta ok



10 min.  
Segundo cambio

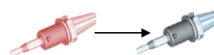


ILUSTRACIÓN 42 CAMBIO DE HERRAMIENTA CON MEDICIÓN





## CAPÍTULO 2: DEFINICIÓN DEL WTB (Want To Be). 4 CAJAS

Utilizando el mecanismo de trabajo de las cuatro cajas, realizaremos un análisis de la situación actual y de la situación alcanzable bajo varias premisas:

1. Es necesario realizar la modificación bajo un ahorro de costes.
2. La modificación tiene que ser compatible con un nuevo proyecto que lleva a ocupar la zona actual del centro de reglaje.

El ahorro de costes será analizado como subconjuntos.

1. **Ahorro de herramientas**, cambiando herramientas en el momento exacto. Actualmente el equipo de cambio de herramienta está presente solo en el taller en el turno de mañana, cambiando la herramienta de todo el día durante un turno. Es decir hay herramienta que se cambia hasta 16 horas antes de tiempo.
2. **Ahorro de efectivos**, el trabajo de control de vida de herramienta es efectuado por personas en lugar de por máquinas, “persona hace trabajo de máquina”.
3. **Ahorro de energías**, si tengo el control automático, tendré menos posibilidades de fabricar con herramientas en mal estado, y no habrá gasto de energía en realizar piezas ok y nok, teniendo solo gasto de energías en piezas ok.

Por otro lado, la presencia de un nuevo proyecto. El mundo automovilístico, está llevando a un cambio hacia el mundo de la gasolina. Con el aumento de demanda de gasolina, iniciado ya en el mercado, y que crecerá en los siguientes años, es necesario la creación de proyectos para poder fabricar piezas de gasolina. Actualmente 1 de las 3 líneas, es capaz de realizar piezas de gasolina.

El proyecto consiste en la creación de una nueva línea de piezas gasolina, y la modificación de una línea existente para que sea capaz de hacer estas piezas.

Con lo que, tras finalizar el proyecto, quedarían 3 líneas flexibles(Diesel-gasolina) y 1 línea de Diesel.

El proyecto nos influye en dos aspectos. El primero, la diversidad de herramientas y el número de herramientas aumentará en casi un 50 %, Segundo, el espacio ocupado en la actualidad por el CGO(Zona Roja de ilustración 38), será empleado para hacer flexible una de los dos líneas de Diésel.



Con las premisas necesarias establecidas, realizamos el análisis de 4 cajas, construyendo la situación actual (cajas de la izquierda), y la situación alcanzable esperada (cajas de la derecha). (Ilustración 43).

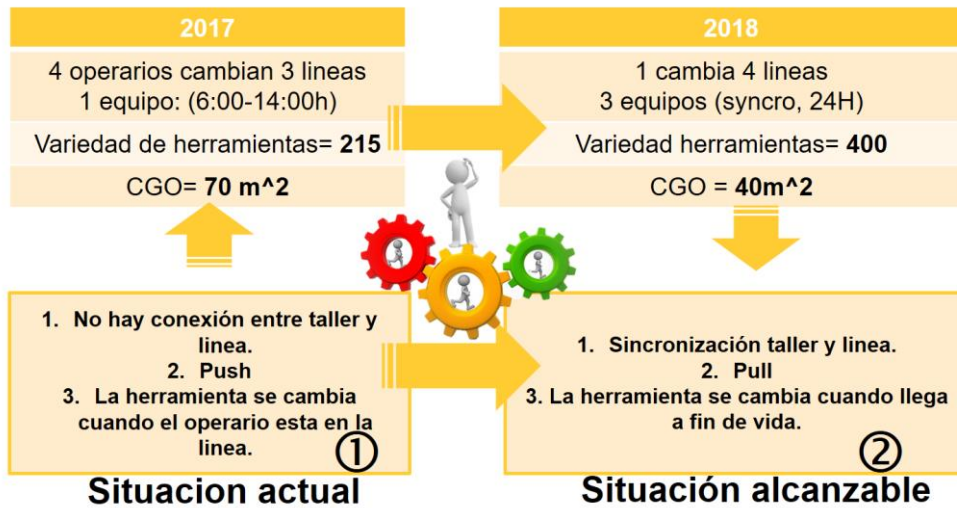


ILUSTRACIÓN 43 ANÁLISIS DE 4 CAJAS



## CAPÍTULO 3 :FLUJOS

El análisis de flujos de distribuirá en 3 tipos, **piezas, personas e información.**

### 3.1. Flujo de piezas:

Hay dos puntos de trabajo importantes, el flujo interno y el flujo externo de las herramientas.

En cuanto **al flujo interno**, el actual taller de reglaje tiene varios puntos en contra.

- X Misma zona de stock para herramienta reglada y no reglada
- X Sobredimensionamiento de zona de stock, 12 metros para unas 300 htas.
- X Flujo de desplazamiento de las herramientas no definido, ni minimizado el desplazamiento.
- X Chatarra en el interior del centro de reglaje. No delimitada zona limpia en el interior.
- X Organización de componentes maximizado. No organizado por kits de herramientas.

De los cuales salen las siguientes premisas: (Ilustración 44)

- ✓ Una única zona de stock de herramienta sin reglar. La herramienta reglada se posiciona sobre el carro que va hacia cada zona de parking de la línea.
- ✓ La zona de stock, estará automatizada con un espacio asociado informáticamente a cada referencia. No existirán espacios vacíos en espera de un tipo de herramienta. En cada espacio vacío, se asocia la herramienta necesaria a almacenar por cada momento. Se dimensionará 3,5 metros para un stock de 500 herramientas.
- ✓ Flujo de proceso de herramientas definido. Una zona de entrada de herramienta ya desmontada, una zona de stock, una zona de montaje que distribuye a 4 zonas de reglaje y una zona de salida.
- ✓ El puesto de desmontaje será en el exterior, con un flujo de recogida de chatarra generada.
- ✓ Los armarios de componentes se almacenarán por kits, eliminando el uso de duplicación de referencias, y organizando el stock automáticamente.



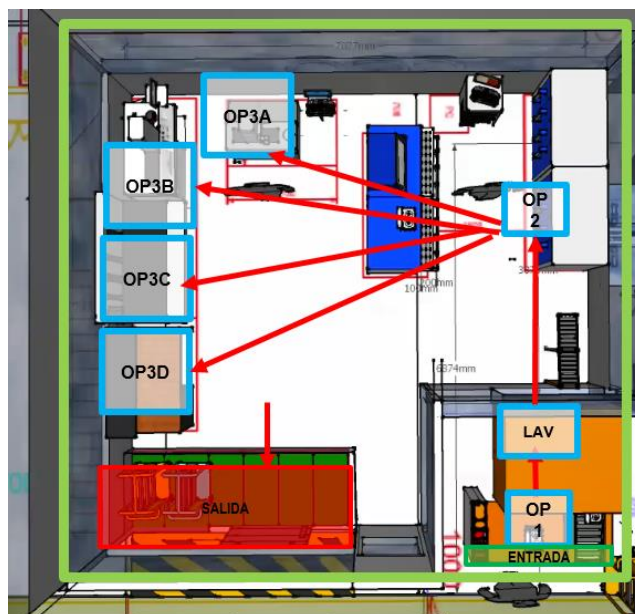


ILUSTRACIÓN 44 FLUJO DE LA HERRAMIENTA INTERIOR

El cuanto, al flujo externo, en el inicio del proyecto, las herramientas son desplazadas por el operario en carros de herramientas, desde el CGO hacia todos los puntos de lectura de las líneas.

El punto que fijar, es solo desplazar la herramienta a los puntos donde se realice el cambio.

Para ello se podrán establecer zonas de parking donde un medio de mantenimiento automático lleve los carros desde el CGO, y el operario de cambio de herramienta recoja el carro para desplazarse a la zona de cambio de herramienta.

### 3.2. Flujo de personas:

El análisis de flujo de personas tendrá influencia en 2 equipos, el equipo de reglaje y el equipo de cambio de herramienta.

Para el equipo de reglaje, será necesario un equipo de 1 a 2 personas. Inicialmente partiremos con una persona, pero con la llegada de la nueva línea, y el incremento de cambios de herramientas serán necesarias 2 personas.

El espacio se dividirá por zonas( 2 operarios) , una zona de trabajo consistirá en el desmontaje y montaje de herramientas(+1 operario), y la otra zona de trabajo el reglaje de herramientas (+1 operario). (Ilustración 45)

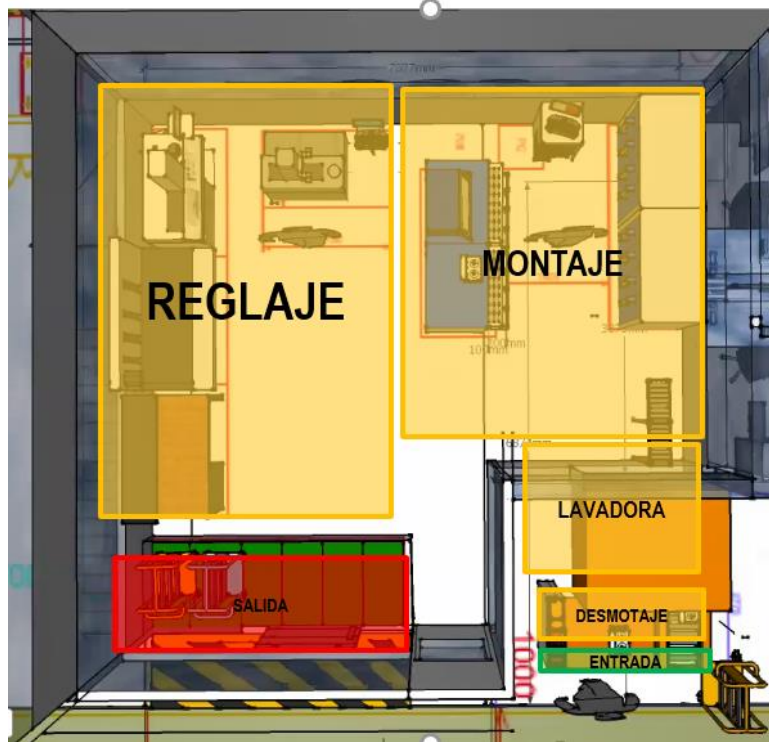


ILUSTRACIÓN 45 ZONAS DE TRABAJO PERSONAS

Para el **flujo exterior del equipo** de cambio, como una de las premisas era la de ahorro de costes. Se va a modificar el horario, y se colocará al equipo en 3 turnos, para poder cambiar las herramientas en el momento exacto.

Antes de modificar el turno de trabajo, se ha realizado una estimación de ganancia. Se ha desarrollado el análisis, realizando una estimación de los cambios de herramientas que se habrían realizado si las herramientas se cambiaran en el fin de vida. Y se ha comparado con el cambio de herramienta, aproximando el fin de vida solo en turno de mañana. El estudio ha llevado a un ahorro de herramienta valorado en más de 100.000€/anuales. (Ilustración 46)

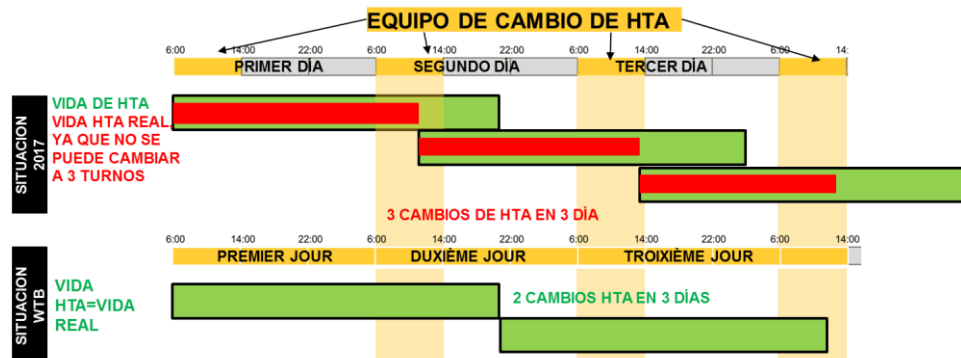
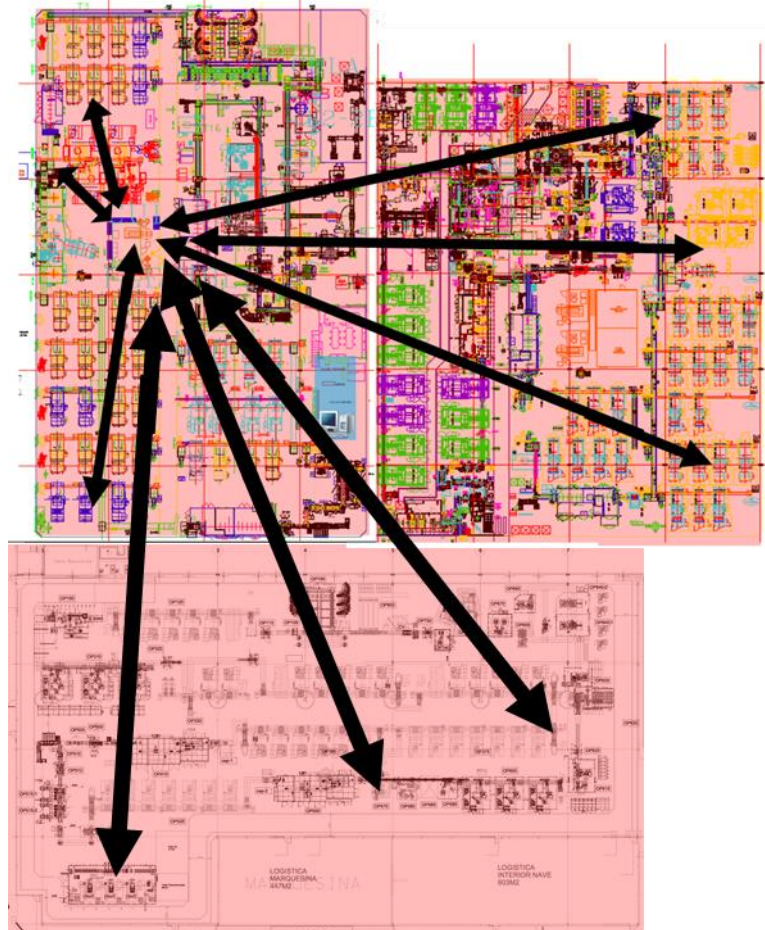


ILUSTRACIÓN 46 SIMULACIÓN AHORRO CAMBIO DE HERRAMIENTA



Con esto, por turno, tendremos a 1 persona para cambiar todas las líneas, que conllevará a mucha cantidad de espacio a recorrer para una persona.

La zona de trabajo de cambio es un área de 180m por 120 metros, con un total de 21600 m<sup>2</sup>. (Ilustración 47).



*ILUSTRACIÓN 47 ZONA DE TRABAJO DE CAMBIO*

El equipo de cambio de herramienta tendrá que tener un puesto móvil informático que le de la información de los puntos de cambio de herramienta. Para ello se ha proyectado la modificación de carros de herramientas y la informatización de estos con Tablet con acceso a intranet, y GPS.

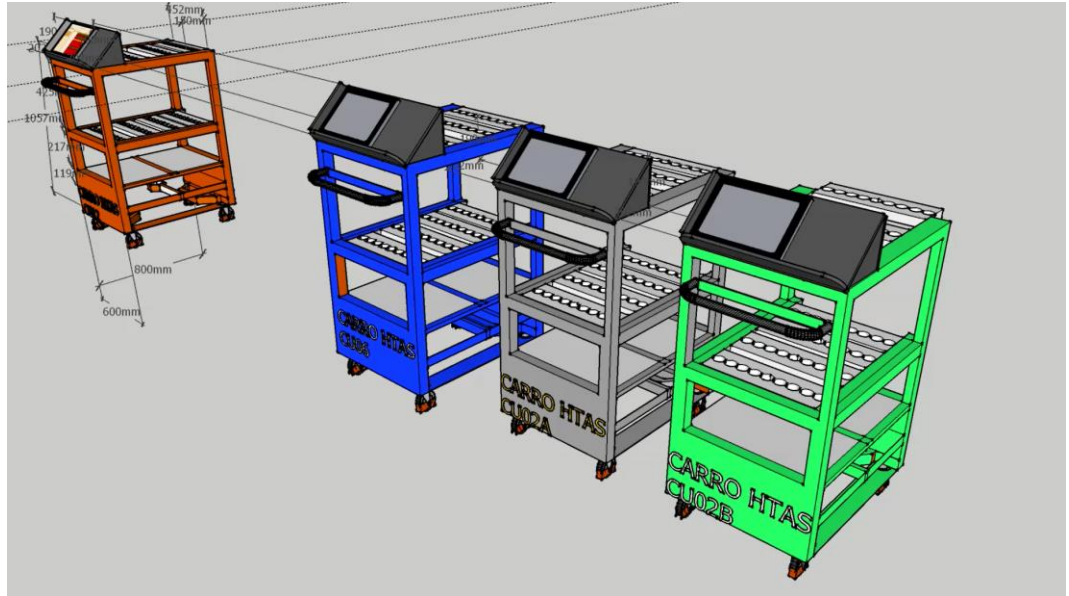


ILUSTRACIÓN 48 CARRO INFORMATIZADO

El carro también tendrá anclaje inferior con la manutención automática, la cual cogerá el carro del CGO y lo llevará a la zona de parking de cada línea. (Ilustración 48).

Para poder minimizar las pérdidas de tiempo por recorrido, se realizará un programa específico de maximización de tiempo por cálculo de relación entre tiempo antes de cambio de herramienta y tiempo de recorrido hasta el punto de cambio.

Para ello, se ha desarrollado una herramienta de trabajo de cálculo de trayectorias, junto con el equipo informático de la compañía en Francia y en Turquía. Este punto se tratará en el punto de flujo de información (3-3).

### 3.3. Flujo de información:

El flujo más importante que desarrollar es el flujo de la información, ya que es el que menos estaba analizado del taller.

#### 3.3.1. Control de vida de herramienta

Para pasar del control de operario de las pantallas de lectura de las máquinas, a un interfaz visible desde cualquier PC, se ha desarrollado un software de control de vida de herramienta.

El software es pionero en el grupo de automoción, y consiste en una base de datos conectada a lecturas de la línea.



Las piezas, tienen una trazabilidad inscrita con los puntos por los que pasan de la línea. Sobre esa trazabilidad se puede leer el tipo de pieza y por los centros de mecanizado que han pasado. Teniendo en cada línea de mecanizado un punto de lectura de esta información, ya existente antes del proyecto, solo faltaba comunicarlo con una base de datos que realice el sumatorio de piezas que ha realizado cada herramienta. (Ilustración 49).

Bajo estas premisas, surgió el programa de herramienta, el cual agrupa todas las herramientas asociadas a cada línea y tipo de referencia. Cuando el PC de trazabilidad lee la pieza, lee la línea de la que viene, la referencia de la pieza, y suma 1 a todas las herramientas relacionadas con esa referencia y solo por las que ha pasado la pieza.

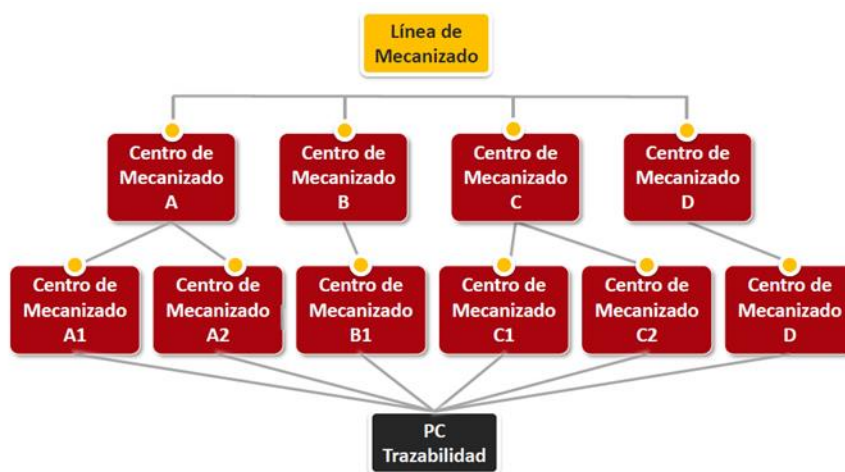


ILUSTRACIÓN 49 CONEXIÓN LINEA CON PC

Con esta información sincronizada las 24 horas del día, desde una pantalla de cualquier dispositivo podemos leer, el estado de cada herramienta, es decir cuántas piezas han pasado por cada centro de mecanizado y que herramientas ha actuado.

La pantalla de lectura muestra cada herramienta, según Usos actuales y el máximo de usos que puede tener, diferenciando por colores el estado de la herramienta en Verde, no necesita cambio, Amarillo, necesita estar reglada, próxima al cambio, y Rojo necesita cambio de herramienta. (Ilustración 50)

de Líneas de Mecanizado		Número de registros procesados: 3347 Última actualización registros: 17:01:2018 08:50	
	Usos	Máximo de usos	
4102-OP120/1	16632	14000	
4109-OP120/1	3978	4500	
4201-OP120/1	0	15000	

ILUSTRACIÓN 50 PANTALLA DE VISUALIZACIÓN ESTADO

El otro punto de conexión es el del cambio de herramienta. Para ello, el operario cuando cambia herramienta debe hacer reset al contador de vida de herramienta, y así empezar el contador hasta el siguiente cambio. (Ilustración 51)

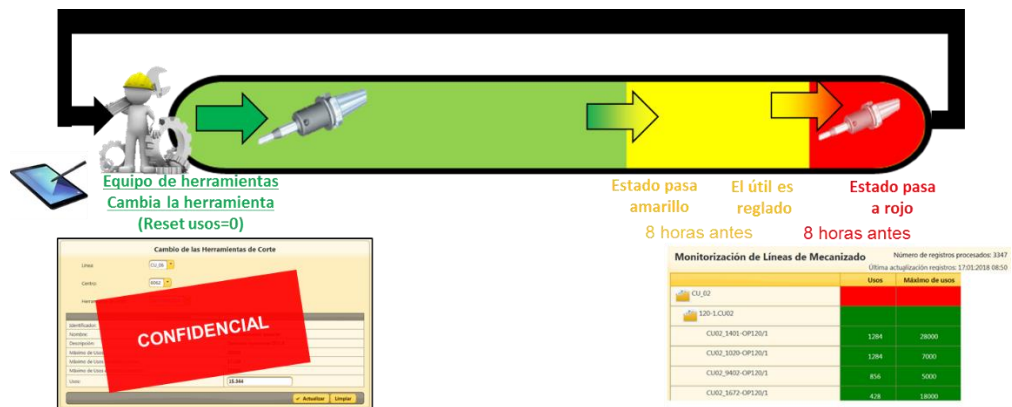


ILUSTRACIÓN 51 SEGUIMIENTO VIDA HERRAMIENTA

### 3.3.2. Sincronización con centro de reglaje

La sincronización el equipo de reglaje es posible desarrollando un sistema de alerta con el estado amarillo de las herramientas.

Una vez informatizado y automatizado el equipo de cambio de herramienta, es necesario relacionarlo con el equipo de reglaje, para poder desarrollar el sistema de carros preparados para el cambio y realizar únicamente el trabajo de reglaje a aquellas herramientas que van a cambiarse en las próximas 8 horas.

Para ello, se ha proyectado el desarrollo de un perfil de reglaje, que controle la demanda de herramientas, es decir el listado de herramientas que se encuentran entre el estado amarillo y rojo, y controle el stock de herramienta ya reglada.



El operario de reglaje tendrá la misma pantalla de lectura que el de cambio, con el listado del estado de las herramientas, pero también controlará el stock que tiene de esas herramientas. (Ilustración 52)

Monitorización de Líneas de Mecanizado		Número de registros procesados: 3347 Última actualización registros: 17/01/2018 08:50		
	Usos	Máximo de usos	Stock	
CU_02				
120-1.CU02			0	
CU02_1401-OP120/1	1284	28000	1	
CU02_1020-OP120/1	1284	7000	0	
CU02_9402-OP120/1	856	5000	0	
CU02_1672-OP120/1	428	18000		

ILUSTRACIÓN 52 PANTALLA LECTURA OPERARIO REGLAJE

### 3.3.3. Control de trayectorias de operario de cambio.

Como mencionado en el punto anterior, al aumentar la superficie de control por operario, es necesario ajustar en la disminución de las trayectorias que el operario tiene que hacer.

Para ello se ha realizado el proyecto de un programa que diga al operario cual es la siguiente máquina que debe cambiar, ajustando entre el tiempo que tiene antes de fin de vida de la herramienta, y el tiempo que tarda en llegar a ella.

La primera parte del proyecto, es la simplificación del espacio de trabajo, el cual se divide mediante coordenadas que el sistema informático, es decir la Tablet, gestionará mediante el GPS integrado. (Ilustración 53).

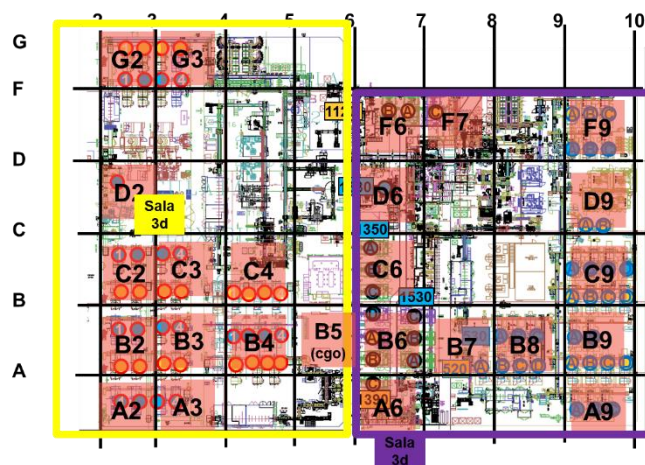


ILUSTRACIÓN 53 COORDENADAS DEL ESPACIO DE TRABAJO



Con la división del espacio de trabajo, se ha analizado las posibles trayectorias posibles, ya que el espacio no es diáfano y es necesario trazar trayectorias. (Ilustración 54)

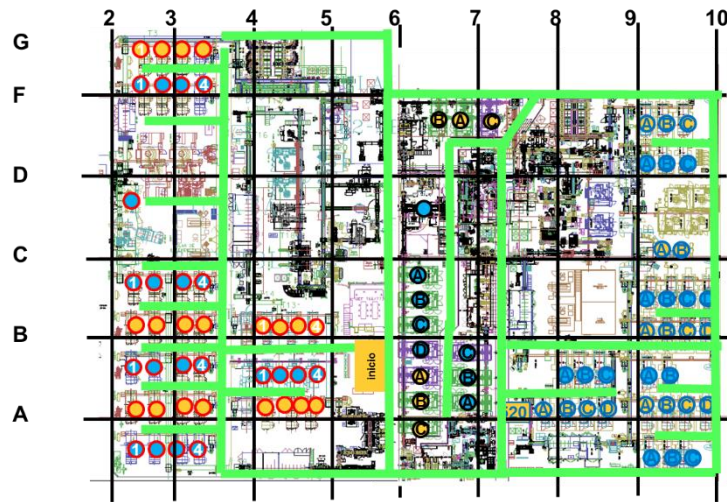


ILUSTRACIÓN 54 TRAYECTORIAS POSIBLES

Para finalmente, elaborar un cuadro de distancias donde desarrollará la base de datos de la que beberá el programa. El programa, tendrá que relacionar las distancias con el tiempo, con la relación de tiempo que tarde una persona en andar por las instalaciones (6 km/hora). (Ilustración 55).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
1							SALL																				
2							E.3D										CGO										
3		G2	G3	F6	F7	F9	D2	D6	D9	C2	C3	C4	C6	C9	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	A2	A3	A6	A9	SALLE 3D
4	G2	0	15	105	90	135	60	135	150	75	60	60	135	165	90	75	75	90	150	150	165	180	105	90	165	195	150
5	G3	15	0	90	75	120	45	120	135	60	45	45	120	150	75	60	60	75	135	135	150	165	90	75	150	180	135
6	F6	105	90	0	15	60	120	15	90	135	120	120	30	105	150	135	135	75	45	45	60	120	165	150	60	135	75
7	F7	90	75	15	0	45	105	30	75	120	105	105	45	90	135	120	120	90	60	60	75	105	150	135	75	120	75
8	F9	135	120	60	45	0	165	75	15	165	150	150	90	30	180	165	165	105	105	105	120	45	195	180	120	60	120
9	D2	60	45	120	105	165	0	165	180	15	30	45	174	195	60	45	45	60	189	189	204	240	75	60	204	240	105
10	D6	135	120	15	30	75	165	0	105	150	165	165	15	120	165	150	150	90	30	30	45	135	180	165	45	150	90
11	D9	150	135	90	75	15	180	105	0	180	165	165	105	15	195	180	180	120	120	120	135	30	210	195	135	45	105
12	C2	75	60	135	120	165	15	150	180	0	15	30	45	225	15	30	45	60	204	204	219	255	60	45	219	135	90
13	C3	60	45	120	105	150	30	165	165	15	0	15	30	210	15	15	30	45	189	189	204	240	45	30	204	120	75
14	C4	60	45	120	105	150	45	165	165	30	15	0	30	210	15	15	30	30	189	189	204	240	45	30	204	120	60
15	C6	135	120	30	45	90	174	15	105	45	30	30	0	135	180	165	165	105	15	15	30	150	195	180	30	165	105
16	C9	165	150	105	90	30	195	120	15	225	210	210	135	0	180	165	165	120	135	135	150	15	165	150	90	30	120
17	B2	90	75	150	135	180	60	165	195	15	15	15	180	180	0	15	15	45	219	219	234	165	15	30	75	120	90
18	B3	75	60	135	120	165	45	150	180	30	15	15	165	165	15	0	15	30	204	204	219	150	30	15	60	105	60
19	B4	75	60	135	120	165	45	150	180	45	30	30	165	165	15	15	0	15	204	204	219	150	45	30	60	105	45
20	B5	90	75	75	90	105	60	90	120	60	45	30	105	120	45	30	15	0	120	75	90	105	45	30	135	90	30
21	B6	150	135	45	60	105	189	30	120	204	189	189	15	135	219	204	204	120	0	15	30	165	210	195	15	180	120
22	B7	150	135	45	60	105	189	30	120	204	189	189	15	135	219	204	204	75	15	0	15	75	90	75	30	60	30
23	B8	165	150	60	75	120	204	45	135	219	204	204	30	150	234	219	219	90	30	15	0	90	105	90	45	75	45
24	B9	180	165	120	105	45	240	135	30	255	240	240	150	15	165	150	150	105	165	75	90	0	150	135	75	15	90
25	A2	105	90	165	150	195	75	180	210	60	45	45	195	165	15	30	45	45	210	90	105	150	0	15	60	120	75
26	A3	90	75	150	135	180	60	165	195	45	30	30	180	150	30	15	30	30	195	75	90	135	15	0	45	105	60
27	A6	165	150	60	75	120	204	45	135	219	204	204	30	90	75	60	60	135	15	30	45	75	60	45	0	45	135
28	A9	195	180	135	120	60	240	150	45	135	120	120	165	30	120	105	105	90	180	60	75	15	120	105	45	0	45
29	salle 3d	150	135	75	75	120	105	90	105	90	75	60	105	120	90	60	45	30	120	30	45	90	75	60	135	45	0

ILUSTRACIÓN 55 CUADRO DE DISTANCIAS

Por último, el modo de funcionamiento del programa será, bebiendo la información del programa de calcula de vida de la herramienta y analizando los datos relacionándolos con las distancias hasta los centros de mecanizado.



El programa tendrá como premisa que la herramienta no puede llegar en ninguna de las circunstancias a fin de vida, y tendrá 8 horas para organizarlas de tal forma que realice el mínimo desplazamiento posible, agrupando las herramientas a cambiar por zonas.

El programa tendrá los datos del programa de cálculo de vida de herramienta, y sabrá las piezas que le faltan para fin de vida, conociendo la producción que tiene la línea por hora, conocerá el tiempo que le queda hasta fin de vida. Después, conocerá los metros que tiene hasta ese centro de mecanizado, que tendrá que pasar a tiempo multiplicando por el tiempo que tarda un operario en recorrer esa distancia, y tendrá que contar con el tiempo que se tarda en cambiar esa herramienta.

## CAPÍTULO 4: CONTROL DE STOCK

El control de stock es un punto indispensable para trabajar con sincronización la línea de mecanizado, para ello nos hemos apoyado en una empresa de sistemas vending.

Las máquinas vending, desarrollan un sistema de control de stock, y facilitan el puesto de trabajo.

Las herramientas y componentes tienen marcados códigos de barras, los cuales, son leídos por la pistola de máquina vending. Ha cada referencia se le asocia un lugar, y el cajón se abre automáticamente y se enciende la luz que hace referencia al lugar para esa referencia. (Ilustración 56)






ILUSTRACIÓN 56 MAQUINA VENDING

Los componentes de las tres líneas organizándolos de esta manera, son ordenador en 2 cajoneras, y llevan la contabilidad de las piezas que

introduces y les que son extraídas. De tal forma que ante falta de stock, el sistema software alerta al servicio de stock para tramitar un envío de nueva herramienta.

Por otro lado, los armarios de componentes están relacionados con los armarios de herramientas, para lo cual, cuando el programa de herramientas me solicita realizar el reglaje de una herramienta, la pistola de lectura lee la pantalla y se abre el cajón de componentes como el armario de herramienta solicitada. (Ilustración 57)

de Líneas de Mecanizado		Número de registros procesados: 3347 Última actualización registros: 17:01:2018 08:50		
	Usos	Máximo de usos	DATA	Reglado
4102-OP120/1	16632	14000		+1
4109-OP120/1	3978	4500		+1
4201-OP120/1	0	15000		+1



Escanear código QR

#### ILUSTRACIÓN 57 LECTURA PANTALLA PETICIÓN HERRAMIENTA

La distribución del almacenaje de herramientas facilita el aprovechamiento del espacio, pudiendo guardar 500 herramientas en menos de 3 metros de stock. (Ilustración 58)





*Ilustración 58 ARMARIO DE HERRAMIENTAS*

## CAPÍTULO 5: IMPLANTACIÓN DE TALLER DE REGLAJE

Con la eliminación del espacio anterior, surge la posibilidad de colocar el nuevo centro de reglaje en la zona limitante a la sala de reuniones de las 3 líneas. Quedando 40 metros útiles, y siendo este nuevo espacio zona central del taller, e idónea para distribuir herramientas a todos los puntos de las líneas. (Ilustración 59)

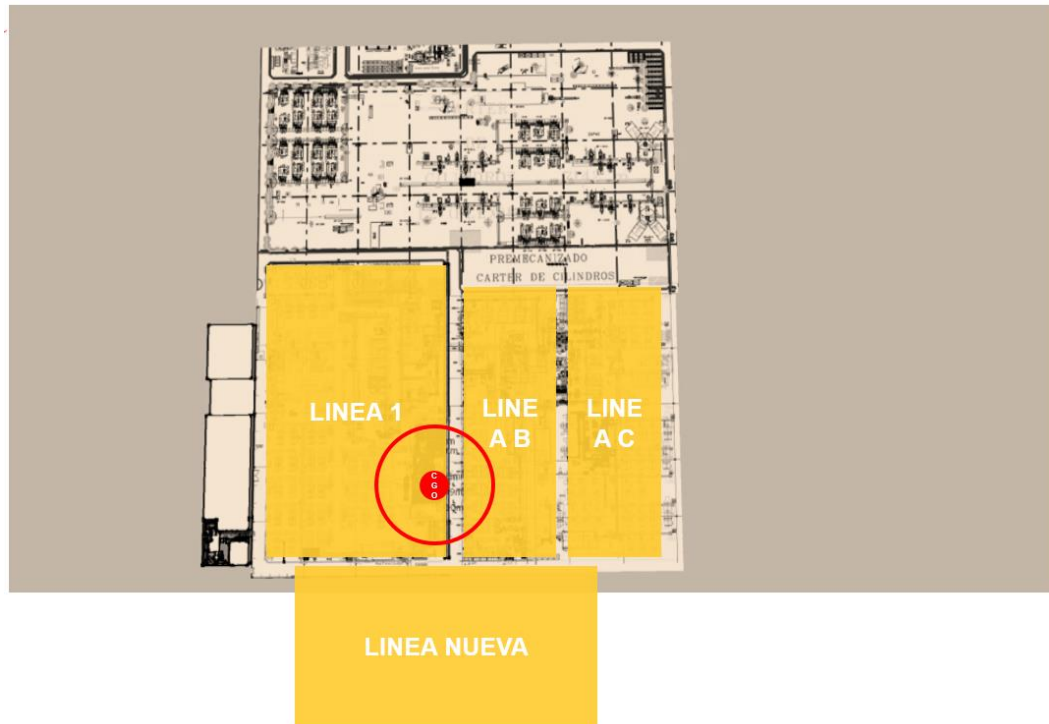


ILUSTRACIÓN 59 LOCALIZACIÓN CGO

La obra consiste en fabricar una célula acristalada, donde englobe al stock y las máquinas de reglaje de las líneas.

Para ello, hay que sacar fuera de la célula, la lavadora de herramientas y la zona de desmontaje de las herramientas, con ello sacamos fuera toda la chatarra que se pueda generar y eliminar el flujo de la chatarra del interior.

Por otro lado, la entrada y salida de herramienta, será automática. La entrada por medio de cinta transfer procedente de la lavadora, y la salida el operario dejará el stock preparado en carros, los cuales saldrán al exterior automáticamente y el AGV(medio de mantenimiento automático) vendrá a por ellos.



ILUSTRACIÓN 60 VISTA IMPLANTACIÓN DESDE ARRIBA

Por otro lado, se delimitaran 2 puestos de trabajo, uno que englobe la operación de desmontaje exterior (puesto naranja) la operación de control de stock y montaje, y el otro puesto será el de reglaje y preparación de carros. (Ilustración 60, 61 y 62)

En un principio está planteado para que lo haga una persona, trabajando con las 3 líneas, pero en unos meses serán 2 personas, trabajando con 4 líneas y estará preparado para trabajar hasta 3 personas en un futuro.

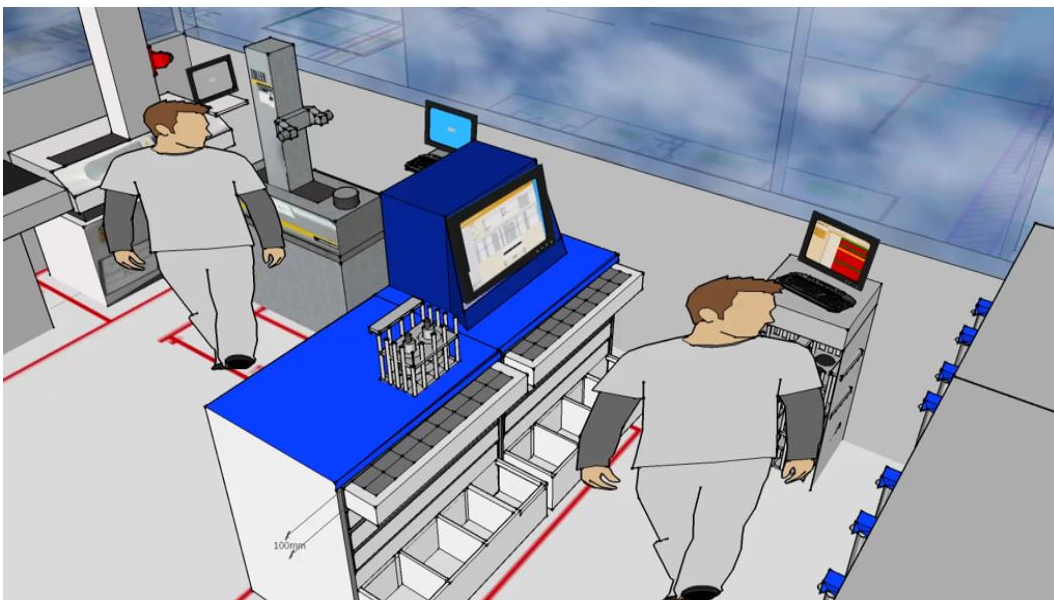


ILUSTRACIÓN 61 PUESTO STOCK Y MONTAJE

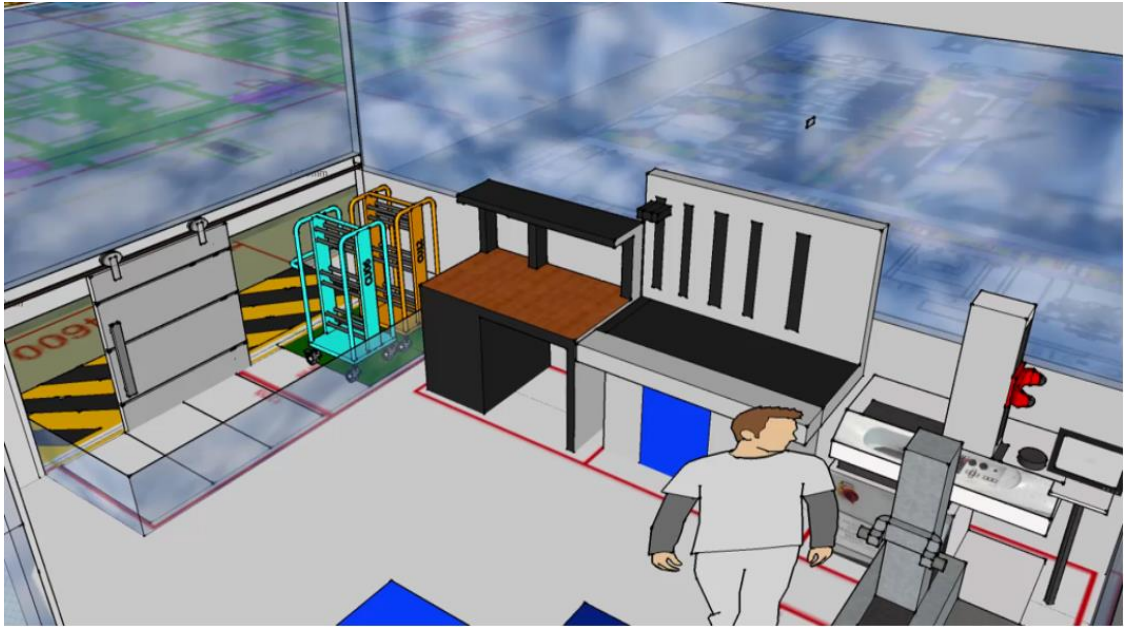


ILUSTRACIÓN 62 PUESTO REGLAJE Y PREPARACIÓN DE CARROS





# PARTE III: ESTADO DEL PROYECTO





En la última parte de este trabajo se va a enfocar al estado del proyecto anteriormente expuesto desde el punto de vista de la implantación real en la industria. De esta manera se pretende ilustrar y demostrar el valor que suponen este conjunto de técnicas en las plantas de producción.

Para la implantación de las técnicas es necesario el estudio previo realizado, justificando así la inversión en medios e implantación de nuevos modos de funcionamiento. Resulta indispensable probar la fiabilidad de las técnicas en algún equipo piloto antes de su instalación en todo el perímetro de la factoría. Es la razón por la que, una vez desarrollado este sistema en las líneas de mecanizado de culatas se extrapolara al resto de la factoría y del grupo automovilístico.





## ESTADO DEL PROYECTO

La implantación del proyecto expuesto no está finalizada. Este proyecto se inició en Abril 2017, y durante este tránsito de tiempo, ya se ha elaborado las bases del proyecto, quedando para finalizar la construcción del nuevo CGO, y con ello la puesta en marcha de la sincronización taller reglaje con taller de mecanizado automática.

Durante el proyecto, se han empezado a notar las ganancias referentes a la modificación del modo de trabajo de un turno a tres. Siendo este mes el segundo consecutivo en reducción de gastos en el taller de herramientas.

Por otro lado, el modo de funcionamiento de control manual de la vida de herramienta al control automática, ha hecho que los operarios de cambio de herramientas, solo realicen trayectorias hacia máquina que saben que tienen que cambiar, y no hacia puntos de visualización. Dando, esta ganancia de tiempo, la posibilidad de que puedan realizar otros trabajos.

Otro punto importante, es el desarrollo del proyecto informático, con otras plantas. Estamos a la espera de la llegada final del programa herramientas, y de las tablets de cálculo de trayectoria, las cuales llegan a principios de Marzo.

Mientras tanto, estamos actuando con simulaciones en papel, y cada mañana, el centro de reglaje recibe la información del programa de las herramientas que tienen que reglar, y es mediante soporte papel, el método para controlar el stock reglado.

La solicitud de presupuestos del nuevo centro de reglaje, de los carros y armarios, ya esta realizada, y solo queda la construcción final que esta determinada para el mes de Abril.

Con la finalización del centro de reglaje, el proyecto quedará cerrado, y será presentado a otras plantas del grupo para poder capitalizarlo en otros lugares.



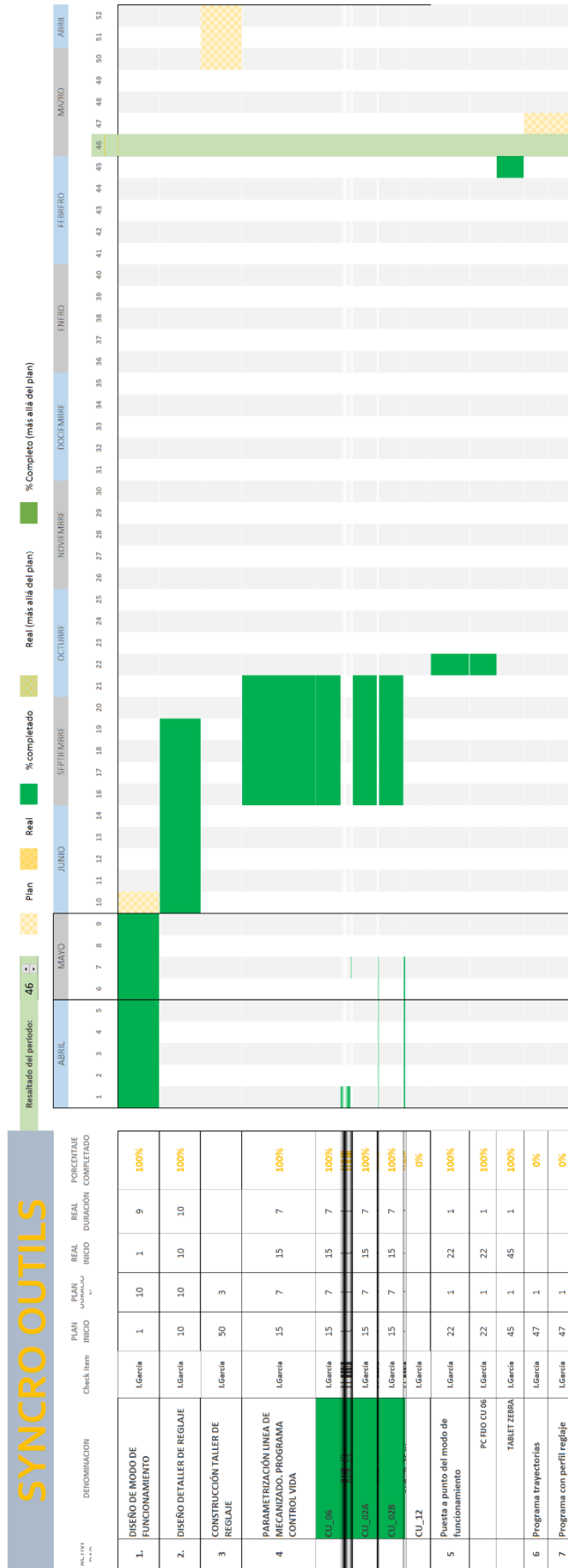


ILUSTRACIÓN 63. DIAGRAMA DE GANTT DEL PROYECTO

## CONCLUSIONES

El proyecto realizado en las instalaciones de la fábrica automovilística ha resultado ser un proyecto pionero en el grupo.

Durante las semanas de desarrollo, se han notado las primeras ganancias, y ha llevado a garantizar todas las premisas y objetivos determinados al inicio del proyecto.

Es una implantación apoyada en los principios Lean explicados durante el trabajo, y tiene un alto contenido referencia a la industria 4.0, englobando flujos de información y automatización de procesos.

Con esta implantación, queda fijado el ideal de un taller de reglaje de herramientas, y se convierte en referencia mundial para otras fábricas del grupo.







# BIBLIOGRAFÍA

- [1]WOMACK J.P., JONES D.T., ROOS D.(1995), **La máquina que cambio el mundo.**
- [2]CUEVAS-ORTUÑO J. (2014), **Introducción a Lean Manufacturing. Material de curso**
- [3]VILLASEÑOR EBDER GALINDO COTA. A. (2008), **Conceptos y reglas de Lean Manufacturing. Limusa**
- [4]VILLASEÑOR EBDER GALINDO COTA. A. (2008),**Manual de Lean Manufacturing (Guia básica). Limusa**
- [5]SANTOS J., WYSK R.A. , TORRES J.M. (2006), **Improving production with Lean Thinking. Wiley.**
- [6]NICHOLAS J., (1998), **Competitive Manufacturing Management, Mc Graw Hill.**
- [7]SOCCONINI L. (2008), **Lean Manufacturing, paso a paso. Norma.**
- [8]VORNE INDUSTRIES, (2011-2017) **Top 25 Lean Tools.** Lean Production.  
[www.leanproduction.com](http://www.leanproduction.com)
- [9]AVADA (2012) **Takt time para obtener lean production.**  
[www.manufacturainteligente.com/](http://www.manufacturainteligente.com/)

